



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DE LAS PLANTAS DE DEPURACIÓN DE
AGUA RESIDUAL DE LAS COMUNIDADES DE
SOLDADOS Y CHURUGUZO, CANTÓN CUENCA, AZUAY.**

“Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Civil”

Autores:

David Jonás Once Sarmiento
Johnny Fernando Ruiz Herrera

Director:

Diego Benjamín Idrovo Murillo

Cuenca – Ecuador

2014



RESUMEN

Se realizó una evaluación del desempeño de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Soldados y Churuguzo, ubicadas en la zona rural del cantón Cuenca, provincia del Azuay. Las plantas en mención están conformadas por fosas sépticas seguidas por un humedal artificial. Esta tesis cubrió los siguientes pasos: caracterización de la población servida y de la red de alcantarillado que abastecen a las PTAR; estado de la infraestructura física de las PTAR; descripción de los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en cada unidad de tratamiento; evaluación de la eficiencia de remoción de los principales contaminantes por medio de la caracterización de los afluentes y efluentes. Los trabajos incluyeron actividades de campo y laboratorio, con la colaboración de ETAPA EP y el laboratorio de Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca. También se realizó una revisión bibliográfica sobre las tecnologías presentes en las PTAR objeto de estudio. Se encontró a las redes de alcantarillado de esta zona rural, ingresos altos de caudal de agua de riego e infiltración. Además, a pesar de las limitaciones halladas con relación al diseño y el escaso mantenimiento, las instalaciones construidas alcanzan un porcentaje aceptable de remoción, a excepción de los coliformes. Esto permite apuntar que los sistemas de depuración están operando a favor del medio ambiente, pero no de la salud pública, por lo que se precisa mayor atención a la hora de diseñar y mantener las PTAR de manera que se garantice el adecuado desempeño del sistema.

Palabras claves:

Evaluación, Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), Soldados, Churuguzo, Sedimentador, Fosa Séptica, Humedal Artificial, ETAPA EP, desempeño, medio ambiente, salud pública.

ABSTRACT

An evaluation of the performance of two wastewater treatment plants (WWTP's) was conducted. The WWTP's are located in Soldados and Churuguzo, both in the rural area of the Cuenca canton, province of Azuay, Ecuador. Both WWTP's are composed by a septic tank followed by a constructed wetland as secondary treatment. This research covered the following steps: (i) characterization of the population served and the sewers connected to the WWTP's; (ii) the condition of the physical infrastructure of the WWTP's and a description of the emergent works needed; (iii) characterization of the physical, chemical and biological processes occurring in each treatment unit; (iv) evaluation of the removal efficiency of the major pollutants by measurements on the influent and the effluent. The works executed include field and laboratory activities in collaboration with ETAPA EP and the Laboratorio de Sanitaria, Facultad de Ingeniería, Universidad de Cuenca. Besides, a literature review about wastewater treatment technologies, specifically the ones present in the WWTP's under study was performed. It was observed that both sewerage network connected to the WWTP's have a high percentage of illicit water from irrigation and infiltration. Furthermore, despite the limitations found in the plant design, operation and maintenance, the built infrastructure in both cases reaches an acceptable percentage of pollutant removal, except for the coliforms. The latter suggests that the treatment systems are operating well considering the environment protection; however, not adequate for the public health; so, it is needed a greater effort in the design and maintenance stages of the WWTP's to guarantee a sound system performance.

Key words:

Evaluation of Wastewater Treatment Plants (WWTP), Soldados, Churuguzo, sedimentation, Septic Tank, Constructed Wetland, ETAPA EP, performance, environment, public health.



ÍNDICE DE CAPÍTULOS

| | | |
|---|---|-----|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 18 |
| 2 | MARCO TEÓRICO | 20 |
| 3 | CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO | 40 |
| 4 | MATERIALES Y MÉTODOS | 66 |
| 5 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 75 |
| 6 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 107 |
| 7 | BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS | 112 |
| 8 | ANEXOS | 115 |

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | | |
|-----------|--|----|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 18 |
| 1.1 | Justificación | 18 |
| 1.2 | Antecedentes | 18 |
| 1.3 | Objetivos | 19 |
| 1.3.1 | Objetivo Principal | 19 |
| 1.3.2 | Objetivos Específicos | 19 |
| 2 | MARCO TEÓRICO | 20 |
| 2.1 | Aguas Residuales | 20 |
| 2.1.1 | Composición y características | 21 |
| 2.1.1.1 | Características Físicas | 21 |
| 2.1.1.1.1 | Sólidos | 21 |
| 2.1.1.1.2 | Temperatura | 23 |
| 2.1.1.1.3 | Color | 23 |
| 2.1.1.1.4 | Olor | 24 |
| 2.1.1.1.5 | Densidad | 24 |
| 2.1.1.2 | Características Químicas | 24 |
| 2.1.1.2.1 | Materia Orgánica | 24 |
| 2.1.1.2.2 | Medida del Contenido Orgánico | 24 |
| 2.1.1.2.3 | Materia Inorgánica | 26 |
| 2.1.1.3 | Características Biológicas | 26 |
| 2.1.2 | Características de las Aguas Residuales de la ciudad de Cuenca | 27 |



| | | |
|-----------|--|----|
| 2.2 | Plantas de Tratamiento para Pequeñas Comunidades | 28 |
| 2.2.1 | Caudal de Agua Residual | 29 |
| 2.2.2 | Unidades de Tratamiento | 32 |
| 2.2.2.1 | Rejilla de Entrada | 32 |
| 2.2.2.2 | Sedimentador | 32 |
| 2.2.2.3 | Fosa Séptica | 33 |
| 2.2.2.4 | Lagunas Superficiales o Humedales | 34 |
| 2.2.2.4.1 | Flujo en el Humedal | 36 |
| 2.2.2.4.2 | Plantas acuáticas | 36 |
| 2.2.2.4.3 | Capacidad de Remoción de los Humedales | 39 |
| 3 | CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO | 40 |
| 3.1 | Información general sobre el Cantón Cuenca | 40 |
| 3.2 | PTAR Soldados | 42 |
| 3.2.1 | Ubicación e Identificación de la Planta | 42 |
| 3.2.2 | Información General del Área de Influencia | 42 |
| 3.2.3 | Descripción del Área de Influencia | 42 |
| 3.2.4 | Medio Abiótico | 43 |
| 3.2.4.1 | Topografía | 43 |
| 3.2.4.2 | Hidrografía | 44 |
| 3.2.4.3 | Clima | 45 |
| 3.2.5 | Población | 46 |
| 3.2.6 | Actividades Económicas | 47 |
| 3.2.7 | Vivienda | 48 |
| 3.2.8 | Servicios Públicos | 49 |
| 3.2.9 | Sistema de Riego | 50 |
| 3.2.10 | Infraestructura Sanitaria | 50 |
| 3.2.10.1 | Sistema de Abastecimiento de Agua | 50 |
| 3.2.10.2 | Sistema de Alcantarillado | 52 |
| 3.2.10.3 | Tratamiento de Aguas Residuales | 53 |
| 3.3 | PTAR Churuguzo | 53 |
| 3.3.1 | Ubicación e Identificación de la Planta | 53 |
| 3.3.2 | Información General del Área de Influencia | 54 |
| 3.3.3 | Descripción del Área de Estudio | 54 |
| 3.3.4 | Medio Abiótico | 55 |
| 3.3.4.1 | Topografía | 55 |
| 3.3.4.2 | Hidrografía | 55 |



| | | |
|----------|---|----|
| 3.3.4.3 | Clima..... | 56 |
| 3.3.5 | Población | 58 |
| 3.3.6 | Actividades Económicas | 59 |
| 3.3.7 | Vivienda | 59 |
| 3.3.8 | Servicios Públicos | 60 |
| 3.3.9 | Sistema de Riego | 61 |
| 3.3.10 | Infraestructura Sanitaria..... | 61 |
| 3.3.10.1 | Sistema de Abastecimiento de Agua | 61 |
| 3.3.10.2 | Sistema de Alcantarillado | 64 |
| 3.3.10.3 | Tratamiento de Aguas Residuales | 65 |
| 4 | MATERIALES Y MÉTODOS..... | 66 |
| 4.1 | Levantamientos Topográficos en las PTAR | 66 |
| 4.1.1 | Levantamiento Planímetro. | 66 |
| 4.1.2 | Levantamiento Taquimétrico. | 66 |
| 4.2 | Metodología del Monitoreo | 67 |
| 4.2.1 | Equipo de Muestreo | 67 |
| 4.2.2 | Materiales y Equipos Usados | 68 |
| 4.2.3 | Parámetros Medidos | 69 |
| 4.2.4 | Frecuencia del Monitoreo | 70 |
| 4.2.5 | Balance de Masas | 70 |
| 4.3 | PTAR Soldados | 71 |
| 4.3.1 | Medición de Caudal | 71 |
| 4.3.2 | Puntos de Muestreo | 71 |
| 4.3.3 | Muestra Compuesta | 72 |
| 4.4 | PTAR Churuguzo | 72 |
| 4.4.1 | Medición de caudal | 72 |
| 4.4.2 | Puntos de Muestreo | 73 |
| 4.4.3 | Muestra Compuesta | 74 |
| 5 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 75 |
| 5.1 | PTAR Soldados | 75 |
| 5.1.1 | Evaluación de la Infraestructura Física de la PTAR..... | 75 |
| 5.1.1.1 | Vista Preliminar de la Planta | 75 |
| 5.1.1.2 | Funcionamiento..... | 75 |
| 5.1.1.3 | Estructuras..... | 76 |
| 5.1.1.4 | Problemas..... | 79 |
| 5.1.1.5 | Obras Emergentes | 79 |



| | | |
|-----------|--|-----|
| 5.1.2 | Caudales | 79 |
| 5.1.2.1 | Caudal Teórico | 80 |
| 5.1.2.2 | Caudal Real | 83 |
| 5.1.3 | Temperatura | 86 |
| 5.1.4 | Cargas Contaminantes de la PTAR | 87 |
| 5.2 | PTAR Churuguzo | 91 |
| 5.2.1 | Evaluación de la Infraestructura Física de la PTAR | 91 |
| 5.2.1.1 | Vista preliminar de la planta | 91 |
| 5.2.1.2 | Funcionamiento | 91 |
| 5.2.1.3 | Estructuras | 92 |
| 5.2.1.4 | Problemas | 94 |
| 5.2.1.5 | Obras Emergentes | 94 |
| 5.2.2 | Caudales | 95 |
| 5.2.2.1 | Caudal Teórico | 95 |
| 5.2.2.2 | Caudal Real | 98 |
| 5.2.3 | Temperatura | 102 |
| 5.2.4 | Cargas Contaminantes de la PTAR | 102 |
| 6 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 107 |
| 6.1 | Conclusiones | 107 |
| 6.1.1 | PTAR Soldados | 107 |
| 6.1.2 | PTAR Churuguzo | 108 |
| 6.2 | Recomendaciones | 109 |
| 6.2.1 | PTAR Soldados | 109 |
| 6.2.2 | PTAR Churuguzo | 109 |
| 6.2.3 | Recomendaciones de operación para pequeñas plantas | 109 |
| 6.2.3.1 | Rejilla | 110 |
| 6.2.3.2 | Fosa Séptica | 110 |
| 6.2.3.3 | Humedal | 111 |
| 6.2.3.3.1 | Estructuras | 111 |
| 6.2.3.3.2 | Vegetación | 111 |
| 7 | BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS | 112 |
| 8 | ANEXOS | 115 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| <i>Figura 2-1: Composición del Agua Residual Doméstica</i> | 20 |
| <i>Figura 2-2: Conos de Imhoff</i> | 21 |
| <i>Figura 2-3: Clasificación de los Sólidos, según Metcalf & Eddy</i> | 23 |
| <i>Figura 2-4: Respirómetro de Warburg</i> | 25 |
| <i>Figura 2-5: Parámetros Biológicos presentes en el Agua Residual Doméstica</i> | 26 |
| <i>Figura 2-6: Rejilla de Entrada de la PTAR Churuguzo</i> | 32 |
| <i>Figura 2-7: Trayectoria ideal de una partícula en un sedimentador</i> | 33 |
| <i>Figura 2-8: Esquema General de una Fosa Séptica</i> | 33 |
| <i>Figura 2-9: Esquema General de un Humedal Artificial</i> | 35 |
| <i>Figura 2-10: Esquema de un Humedal de Flujo Libre (FWS)</i> | 35 |
| <i>Figura 2-11: Esquema de un Humedal de Flujo Sub-Superficial (SSF)</i> | 36 |
| <i>Figura 2-12: Plantas heliófilas en medio acuático</i> | 37 |
| <i>Figura 2-13: Corte longitudinal del Xilema y Floema en la Totorá</i> | 38 |
| <i>Figura 3-1: División del Territorio del Cantón Cuenca, Azuay</i> | 41 |
| <i>Figura 3-2: División Parroquial del Cantón Cuenca, Azuay</i> | 41 |
| <i>Figura 3-3: Ubicación de la PTAR Soldados</i> | 42 |
| <i>Figura 3-4: Delimitación del área de estudio de la PTAR Soldados</i> | 43 |
| <i>Figura 3-5: Mapa Topográfico de la Parroquia de San Joaquín</i> | 44 |
| <i>Figura 3-6: Cuenca del Río Yanuncay</i> | 45 |
| <i>Figura 3-7: Precipitación promedio mensual, Pucán y Soldados, período En. 1998 – Dic. 2014</i> | 46 |
| <i>Figura 3-8: Pirámide poblacional, PTAR Soldados</i> | 47 |
| <i>Figura 3-9: Tamaño del hogar, PTAR Soldados</i> | 47 |
| <i>Figura 3-10: Tipo de residencia, PTAR Soldados</i> | 48 |
| <i>Figura 3-11: Material predominante de las viviendas, PTAR Soldados</i> | 48 |
| <i>Figura 3-12: Elementos sanitarios, PTAR Soldados</i> | 49 |
| <i>Figura 3-13: Conectados al Sistema de Agua, PTAR Soldados</i> | 51 |
| <i>Figura 3-14: Conformidad con el servicio de agua, PTAR Soldados</i> | 51 |
| <i>Figura 3-15: Costumbres y hábitos de los Usuarios, PTAR Soldados</i> | 52 |
| <i>Figura 3-16: Conectados a la red de alcantarillado, PTAR Soldados</i> | 53 |
| <i>Figura 3-17: Ubicación de la PTAR Churuguzo</i> | 53 |
| <i>Figura 3-18: Delimitación del área de estudio de la PTAR Churuguzo</i> | 54 |
| <i>Figura 3-19: Mapa Topográfico de la Parroquia Victoria del Portete</i> | 55 |
| <i>Figura 3-20: Cuenca del Río Tarqui</i> | 56 |
| <i>Figura 3-21: Precipitación promedio mensual, Portete y Cumbe, período En. 1998 – Dic. 2014</i> | 57 |
| <i>Figura 3-22: Pirámide poblacional, PTAR Churuguzo</i> | 58 |
| <i>Figura 3-23: Tamaño del Hogar, PTAR Churuguzo</i> | 58 |
| <i>Figura 3-24: Tipo de residencia, PTAR Churuguzo</i> | 59 |
| <i>Figura 3-25: Material predominante de las viviendas, PTAR Churuguzo</i> | 59 |
| <i>Figura 3-26: Elementos sanitarios, PTAR Churuguzo</i> | 60 |
| <i>Figura 3-27: Conectados al Sistema de Agua, PTAR Churuguzo</i> | 62 |
| <i>Figura 3-28: Conformidad con el servicio de agua, PTAR Churuguzo</i> | 62 |
| <i>Figura 3-29: Conformidad con el Servicio de Agua del Sistema de la Junta Parroquial, PTAR Churuguzo</i> | 63 |
| <i>Figura 3-30: Conformidad con el Servicio de Agua del Sistema de ETAPA EP, PTAR Churuguzo</i> | 63 |
| <i>Figura 3-31: Costumbre y hábitos de los Usuarios, PTAR Churuguzo</i> | 64 |
| <i>Figura 3-32: Tubería de llegada a la PTAR Churuguzo (ETAPA EP 2010)</i> | 64 |
| <i>Figura 3-33: Conectados a la red de alcantarillado, PTAR Churuguzo</i> | 65 |



| | |
|---|------------|
| <i>Figura 3-34: Conexiones ilícitas de patios y cubiertas, PTAR Churuguzo</i> | <i>65</i> |
| <i>Figura 4-1: Equipo de monitoreo automático ISCO 7612</i> | <i>68</i> |
| <i>Figura 4-2: Descripción del Balance de Masas</i> | <i>70</i> |
| <i>Figura 4-3: Puntos de la toma de muestras, PTAR Soldados</i> | <i>72</i> |
| <i>Figura 4-4: Puntos de la toma de muestras, PTAR Churuguzo.....</i> | <i>73</i> |
| <i>Figura 5-1: Vista preliminar, PTAR Soldados</i> | <i>75</i> |
| <i>Figura 5-2: Esquema del Primer Funcionamiento, PTAR Soldados</i> | <i>76</i> |
| <i>Figura 5-3: Esquema del Segundo Funcionamiento, PTAR Soldados</i> | <i>76</i> |
| <i>Figura 5-4: Esquema de los tanques de retención, PTAR Soldados.....</i> | <i>77</i> |
| <i>Figura 5-5: Fosa séptica, PTAR Soldados</i> | <i>78</i> |
| <i>Figura 5-6: Humedal, PTAR Soldados</i> | <i>78</i> |
| <i>Figura 5-7: Coeficiente de Variación de Consumo, Soldados</i> | <i>82</i> |
| <i>Figura 5-8: Caudal de Ingreso a la PTAR Soldados</i> | <i>84</i> |
| <i>Figura 5-9: Caudales de la PTAR Soldados.....</i> | <i>85</i> |
| <i>Figura 5-10: Caudal de Aguas Residuales Domésticas de la PTAR Soldados.....</i> | <i>85</i> |
| <i>Figura 5-11: Variación de la Temperatura del agua residual de la PTAR Soldados</i> | <i>86</i> |
| <i>Figura 5-12: Resultados de la Muestra Compuesta en la PTAR Soldados (I).....</i> | <i>88</i> |
| <i>Figura 5-13: Resultados de la Muestra Compuesta en la PTAR Soldados (II).....</i> | <i>89</i> |
| <i>Figura 5-14: Resultados de la Muestra Compuesta en la PTAR Soldados (III).....</i> | <i>89</i> |
| <i>Figura 5-15: Porcentaje de Remoción de la Muestra Compuesta en la PTAR Soldados</i> | <i>89</i> |
| <i>Figura 5-16: Vista Preliminar, PTAR Churuguzo.....</i> | <i>91</i> |
| <i>Figura 5-17: Esquema de Funcionamiento de la PTAR Churuguzo</i> | <i>91</i> |
| <i>Figura 5-18: estructura de sedimentación, PTAR Churuguzo.....</i> | <i>93</i> |
| <i>Figura 5-19: Segundo esquema de la fosa séptica, PTAR Churuguzo</i> | <i>93</i> |
| <i>Figura 5-20: Humedales, PTAR Churuguzo</i> | <i>94</i> |
| <i>Figura 5-21: Coeficiente de Variación de Consumo, Churuguzo</i> | <i>97</i> |
| <i>Figura 5-22: Medición del Caudal Real en el Ingreso de la Planta Churuguzo</i> | <i>98</i> |
| <i>Figura 5-23: Caudal Instantáneo de Ingreso a la PTAR Churuguzo.....</i> | <i>99</i> |
| <i>Figura 5-24: Caudal Instantáneo de Ingreso a la PTAR Churuguzo.....</i> | <i>100</i> |
| <i>Figura 5-25: Caudales de la PTAR Churuguzo</i> | <i>101</i> |
| <i>Figura 5-26: Caudal de Aguas Residuales Domésticas de la PTAR Churuguzo.....</i> | <i>101</i> |
| <i>Figura 5-27: Variación de la Temperatura del agua residual de la PTAR Churuguzo.....</i> | <i>102</i> |
| <i>Figura 5-28: Resultados de la Muestra Compuesta en la PTAR Churuguzo (I)</i> | <i>104</i> |
| <i>Figura 5-29: Resultados de la Muestra Compuesta en la PTAR Churuguzo (II)</i> | <i>104</i> |
| <i>Figura 5-30: Resultados de la Muestra Compuesta en la PTAR Churuguzo (III)</i> | <i>105</i> |
| <i>Figura 5-31: Porcentaje de Remoción de la Muestra Compuesta en la PTAR Churuguzo</i> | <i>105</i> |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| <i>Tabla 2-1: Valores Típicos del afluente de las lagunas de Ucubamba, ETAPA EP</i> | 28 |
| <i>Tabla 2-2: Términos de la Ecuación de Diseño del Caudal de Aguas Residuales</i> | 29 |
| <i>Tabla 2-3: Factores que afectan el consumo de agua de una población</i> | 30 |
| <i>Tabla 2-4: Consumo de acuerdo a su naturaleza</i> | 30 |
| <i>Tabla 2-5: Norma Boliviana para determinar el caudal de infiltración</i> | 31 |
| <i>Tabla 2-6: Términos de la Ecuación del Caudal de Infiltración según la IEOS</i> | 32 |
| <i>Tabla 2-7: Clasificación sistemática de la totora</i> | 37 |
| <i>Tabla 3-1: División del Territorio en el Cantón Cuenca, Azuay</i> | 40 |
| <i>Tabla 3-2: Distribución de la Población en el Cantón Cuenca, Azuay</i> | 41 |
| <i>Tabla 3-3: Datos de precipitación Promedio Mensual, Pucán y Soldados, periodo En. 1998–Dic. 2013 (ETAPA EP, 2014)</i> | 45 |
| <i>Tabla 3-4: Distribución de la población por grupos de edad, PTAR Soldados</i> | 46 |
| <i>Tabla 3-5: Tamaño de hogar, PTAR Soldados</i> | 47 |
| <i>Tabla 3-6: Elementos Sanitarios, PTAR Soldados</i> | 49 |
| <i>Tabla 3-7: Sistema de agua, Soldados</i> | 51 |
| <i>Tabla 3-8 : Sistema de alcantarillado, Soldados</i> | 53 |
| <i>Tabla 3-9: Datos de Precipitación Promedio Mensual, Portete y Cumbe, periodo En. 1998 – Dic. 2013 (ETAPA EP, 2014)</i> | 57 |
| <i>Tabla 3-10: Distribución de la población por grupos de edad, Churuguzo, Victoria del Portete</i> | 58 |
| <i>Tabla 3-11: Tamaño del hogar, Churuguzo</i> | 58 |
| <i>Tabla 3-12: Elementos Sanitarios, PTAR Churuguzo</i> | 60 |
| <i>Tabla 3-13: Sistema de agua, Churuguzo</i> | 62 |
| <i>Tabla 3-14: Sistema de alcantarillado, PTAR Churuguzo</i> | 65 |
| <i>Tabla 4-1: Parámetros considerados para el análisis de las muestras compuestas</i> | 69 |
| <i>Tabla 4-2: Valores Típicos del Agua en Diferente Calidad</i> | 70 |
| <i>Tabla 5-1: Dotación de Agua del área de influencia de la PTAR Soldados</i> | 80 |
| <i>Tabla 5-2: Elementos Sanitarios Conectados a la Red de Alcantarillado, PTAR Soldados</i> | 81 |
| <i>Tabla 5-3: Valores y parámetros para el cálculo de caudales de ingreso a la PTAR Soldados</i> | 83 |
| <i>Tabla 5-4: Caudal Máximo, Medio y Mínimo de la PTAR Soldados</i> | 84 |
| <i>Tabla 5-5: Terminología para la Representación de los Caudales que Llegan a la PTAR</i> | 84 |
| <i>Tabla 5-6: Composición del Caudal que llega a la PTAR Soldados</i> | 86 |
| <i>Tabla 5-7: Temperatura Máxima, Media y Mínima del Agua Residual de la PTAR Soldados</i> | 87 |
| <i>Tabla 5-8: Resultados del Análisis de Muestras Compuestas de la PTAR Soldados</i> | 87 |
| <i>Tabla 5-9: Dotación de Agua del área de influencia de la PTAR Churuguzo</i> | 95 |
| <i>Tabla 5-10: Factor de Retorno, PTAR Churuguzo</i> | 97 |
| <i>Tabla 5-11: Caudal Máximo, Medio y Mínimo Instantáneo</i> | 99 |
| <i>Tabla 5-12: Datos Horarios de Caudales de Entrada a la PTAR Churuguzo</i> | 99 |
| <i>Tabla 5-13: Terminología para la Representación de los Caudales que Llegan a la PTAR Churuguzo</i> | 100 |
| <i>Tabla 5-14: Composición del Caudal que llega a la PTAR Churuguzo</i> | 101 |
| <i>Tabla 5-15: Temperatura Máxima, Media y Mínima del Agua Residual de la PTAR Churuguzo</i> | 102 |
| <i>Tabla 5-16: Resultados del Análisis de Muestras Compuestas de la PTAR Churuguzo</i> | 103 |



SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS

| | |
|-------------------------|---|
| PTAR | Planta de Tratamiento de Agua Residual |
| ETAPA EP | Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Televisión Satelital, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento |
| DBO | Demanda Bioquímica de Oxígeno |
| DQO | Demanda Química de Oxígeno |
| CF | Coliformes Fecales |
| SST | Sólidos Suspendidos Totales |
| L/s | Litros por segundo |
| Kg/m³ | Kilogramo por metro cúbico |
| Km | Kilómetro |
| m | Metro |
| cm | Centímetro |
| mm | Milímetro |
| °C | Grados centígrados |
| m.s.n.m. | Metros sobre el nivel del mar |
| m³ | Metro cúbico |
| m² | Metro cuadrado |
| mg/l | Miligramos por litro |
| φ | Diámetro |
| PVC | Policloruro de Vinilo |
| HS | Hormigón simple |



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Yo, David Jonás Once Sarmiento, autor de la tesis “Evaluación de las plantas de depuración de agua residual de las comunidades de Soldados y Churuguzo, Cantón Cuenca, Azuay”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 22 de Octubre de 2014

David Jonás Once Sarmiento

C.I: 1400955637



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Yo, David Jonás Once Sarmiento, autor de la tesis "Evaluación de las plantas de depuración de agua residual de las comunidades de Soldados y Churuguzo, Cantón Cuenca, Azuay", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación, son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 22 de Octubre de 2014

David Jonas Once Sarmiento

C.I: 1400955637



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Yo, Johnny Fernando Ruiz Herrera, autor de la tesis "Evaluación de las plantas de depuración de agua residual de las comunidades de Soldados y Churuguzo, Cantón Cuenca, Azuay", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 22 de Octubre de 2014

Johnny Fernando Ruiz Herrera

C.I: 0104363668



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Yo, Johnny Fernando Ruiz Herrera, autor de la tesis "Evaluación de las plantas de depuración de agua residual de las comunidades de Soldados y Churuguzo, Cantón Cuenca, Azuay", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación, son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 22 de Octubre de 2014

Johnny Fernando Ruiz Herrera

C.I: 0104363668



DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mis padres quienes han sido mi mayor apoyo, y se han esforzado para que no me falte nada, por ellos me he esforzado para ser quien soy. Así mismo dedico esta tesis a mi hermano y mis dos hermanas quienes me han apoyado cada día, motivándome para nunca rendirme, y perseverar para alcanzar mis metas. Por último a todas las personas que me conocen que han sido parte de mi vida, a mi grupo de amigos de la Universidad de Cuenca que han sido un gran apoyo, con los que he compartido esta vida universitaria.

David Jonás Once Sarmiento

Dedico esta tesis a mujeres que forjaron mi carácter, mis abuelitas, Julia y Josefina. A mi padre, José, que me ha enseñado la responsabilidad y honestidad. A mi madre, Yolanda, que me ha entregado su vida entera confiando en la mía. A mis hermanas, Anabelle y Doménica, a quienes quiero con todo mi corazón. A mi esposa y compañera de profesión, Liliana, que llegó a mi vida con su gran familia, enseñándome la humildad y solidaridad al prójimo. Pero sobre todo, a mi razón de vivir, la inspiración más grande que tengo para cumplir mis metas, mis hijos Mateo Fernando y Juan José.

Johnny Fernando Ruiz Herrera



AGRADECIMIENTO

A los ingenieros: Diego Idrovo Murillo, Andrés Alvarado Martínez docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca y Paúl Torres Clavijo funcionario de ETAPA EP, quienes han sabido apoyar el presente trabajo con interés. Su conocimiento y experiencia han sido una invaluable guía de nuestras labores, para hacer posible que esta investigación, sea parte importante de una biblioteca informativa.

David Once Sarmiento, Johnny Ruiz Herrera

1 INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, el saneamiento ambiental ha mejorado sustancialmente en los últimos 13 años.¹ Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010; el 72,7% de la población tiene acceso a agua potable y un 63,4% al servicio de alcantarillado. A pesar de que el país ha cumplido las metas del milenio en agua y saneamiento (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Informe 2006), la cobertura de saneamiento en el área rural necesita todavía de grandes inversiones, especialmente en el caso del tratamiento de efluentes domésticos, estimándose que no es más del 8% de las aguas residuales tratadas².

El proyecto de Tesis se centra en la evaluación de las plantas ubicadas en la comunidad Soldados, parroquia San Joaquín y en el sector Churuguzo, parroquia Victoria del Portete, pertenecientes al cantón Cuenca, Provincia del Azuay. Las PTAR's en mención están conformadas por fosas sépticas, seguido por un humedal artificial como tratamiento secundario.

Este trabajo de investigación pretende realizar una evaluación de estas PTAR cubriendo los siguientes pasos: caracterización de la población servida y de la red de alcantarillado que abastecen a las plantas; estado de la infraestructura física de las PTAR; descripción de los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en cada unidad de tratamiento; evaluación de la eficiencia de remoción de los principales contaminantes por medio de la caracterización de los afluentes y efluentes.

Los trabajos contemplados incluyen actividades de campo y laboratorio con el apoyo de ETAPA EP y el laboratorio de Sanitaria de la Facultad de Ingeniería. Se realiza también una revisión bibliográfica sobre el tratamiento de aguas residuales, en forma específica de las tecnologías presentes en las PTAR objeto de estudio.

1.1 Justificación

El tratamiento de las aguas residuales en comunidades tiene una importancia ecológica, social y económica, e influye directamente en la salubridad y el bienestar de la población. La problemática de la recolección, transporte, depuración y disposición final de las aguas residuales de pequeñas comunidades es un problema de amplias y visibles consecuencias, que en un futuro inmediato tendrá un impacto negativo, no sólo en la imagen de ETAPA EP sino en la salud pública. Para el caso concreto de las plantas ubicadas en la comunidad rural de Soldados y el sector Churuguzo, no existe un estudio completo que determine el desempeño de las PTAR, que defina la construcción de obras emergentes que permita a la entidad lograr las exigencias de calidad sanitaria.

1.2 Antecedentes

El sector rural, como en todo el país, padece problemas de infraestructura sanitaria, principalmente lo referente a la depuración de aguas residuales.

¹ INEC, 2010

² SENAGUA, 2012



Los moradores de las comunidades rurales del cantón Cuenca en conjunto con ETAPA EP, han construido diversas plantas de depuración de aguas residuales en los últimos años (33 PTAR's),³ para algunas comunidades de las parroquias rurales del cantón.

Se ha ejecutado un monitoreo orientado a su operación y mantenimiento, estos estudios determinan el mal uso del sistema de alcantarillado, debido al ingreso de agua de riego e infiltración que llegan a las plantas afectando su tratamiento.⁴ Además, existe una evaluación realizada a la PTAR de Tarqui, en la que se identifica la eficiencia de remoción de los contaminantes y los posibles problemas.⁵ En general, el mantenimiento ya sea por parte de la comunidad o la empresa, es casi nula.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Principal

- ❖ Evaluar el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Soldados y Churuguzo del cantón Cuenca, provincia del Azuay.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ❖ Caracterizar el área de cobertura y los caudales sanitarios que abastecen a las plantas de tratamiento.
- ❖ Caracterización de la red de alcantarillado que abastecen a las plantas.
- ❖ Evaluar la infraestructura física.
- ❖ Estudiar el funcionamiento físico, químico y biológico de las unidades.
- ❖ Caracterizar el afluente y efluente de las dos PTAR.

³ ETAPA EP

⁴ Ing. Galo Ordoñez Espinoza, Operación y Mantenimiento de las PTAR

⁵ M. Arévalo, P. Morochó y P. Novillo

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Aguas Residuales

Agua residual se define como un tipo de agua que está contaminada principalmente con materia fecal y orina de seres humanos, pero no se reduce únicamente a esta presencia; así mismo dispone de otras sustancias residuales provenientes de ámbitos domésticos, industriales, agua de lluvia y de infiltración del terreno. Su importancia es tal que requiere sistemas de recolección, tratamiento y disposición. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación y presencia de enfermedades.

Aguas Residuales Domésticas

Este tipo de aguas, denominada también negras, provienen de actividades domésticas como: lavado de ropa, baño, preparación de alimentos, aseo personal, limpieza del hogar, etc. Por lo que presentan un alto contenido de materia orgánica (heces fecales y orina), detergentes, grasas, lejía, jabón, etc. Su composición varía según los hábitos y características de la población que los genera. Las aguas residuales domésticas están formadas por un 99.9% de agua y un 0.1% de sólidos en suspensión y solución, estos pueden ser clasificados en orgánicos e inorgánicos. Tal y como se observa en la **Figura 2-1**.

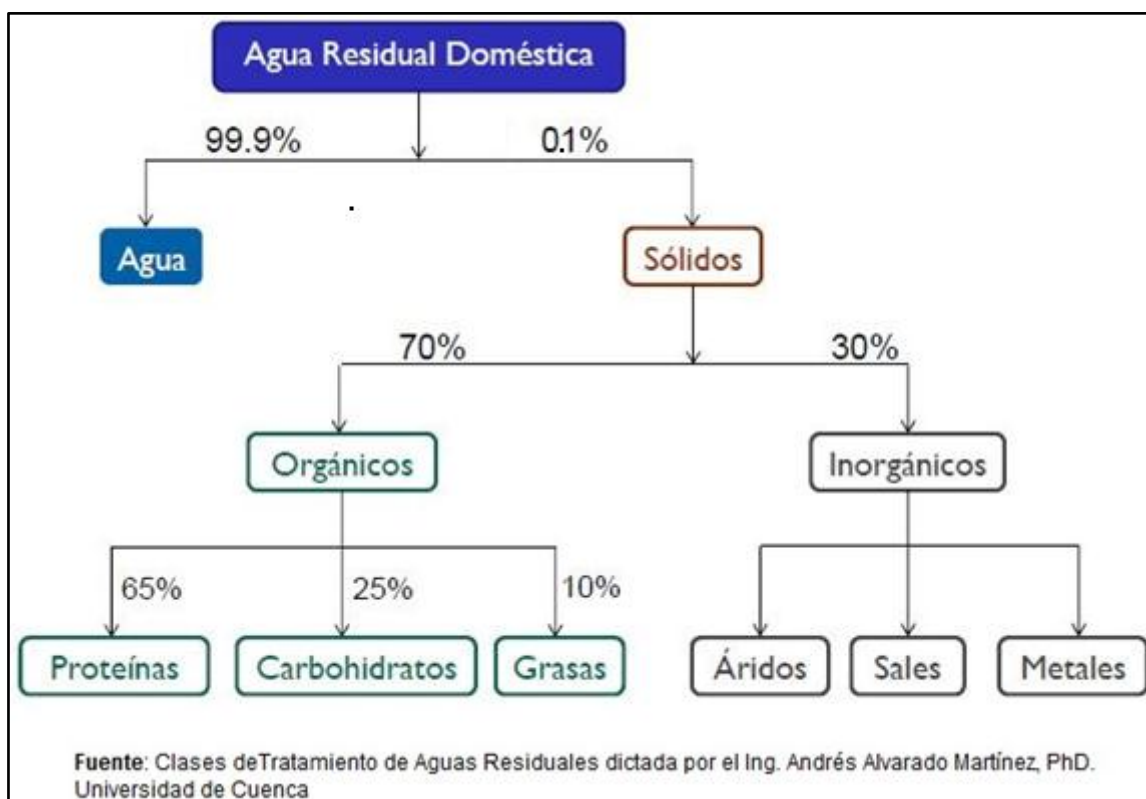


Figura 2-1: Composición del Agua Residual Doméstica

Desde un punto de vista sanitario, nos interesan los gérmenes de origen fecal presentes en el agua, ya que inciden directamente en la salud pública. El contenido de gérmenes patógenos en un agua residual es abundante y su técnica de determinación es indirecta.

2.1.1 Composición y características

La composición exacta de las aguas residuales es innecesaria en la mayoría de los estudios, por lo que se opta por conocer parámetros indirectos que nos indiquen las características del agua residual. En general, los parámetros domésticos son agrupados en tres categorías: físicos, químicos y biológicos. Es conveniente observar que parámetros como: pH, Temperatura, Color, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos en suspensión y sólidos sedimentables, concentraciones de tóxicos metálicos, Nitrógeno, Fósforo, Amoníaco, Cloruros etc. están relacionados entre ellos. Por ejemplo, una propiedad física como la temperatura afecta tanto a las actividades biológicas como químicas, es decir a la proliferación de los microorganismos y a la cantidad de gases disueltos en el agua residual.

2.1.1.1 Características Físicas

Entre las principales características físicas están: la cantidad de sólidos presentes (suspendidos, sedimentables y disueltos), olor, temperatura, color y densidad.

2.1.1.1.1 Sólidos

Sólidos Totales (ST)

Se conoce como sólidos totales a la materia que se obtiene luego de que el agua ha sido sometida a evaporación (103°C – 105°C), los sólidos sedimentables son aquellos que se sedimentan luego de que la muestra de agua residual ha estado en el cono de Imhoff (recipiente cónico) (**Figura 2-2**) por el lapso de una hora, esta medida expresada en mililitros sobre litro (ml/l) se aproxima a la cantidad de lodos que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual.

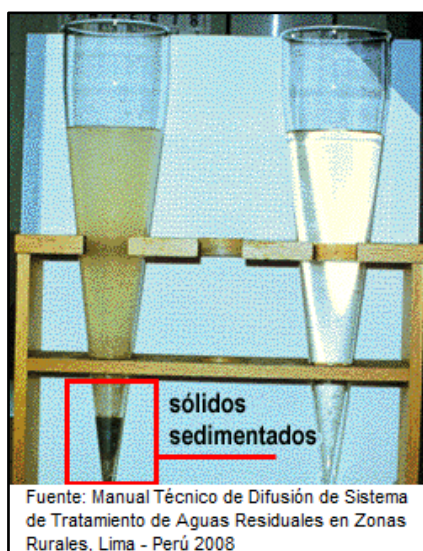


Figura 2-2: Conos de Imhoff

Los sólidos pueden clasificarse en filtrables o no filtrables que serían los sólidos en suspensión, para el proceso de separación se emplea por lo general un filtro “Whatman GF/C” con un tamaño nominal de poro de $1,2\mu\text{m}$, sin embargo se puede utilizar también un filtro de membrana de policarbonato.⁶

⁶ Metcalf y Eddy, 60



La fracción filtrable de los sólidos corresponden a sólidos coloidales y disueltos, los coloidales están compuestos por partículas de material de tamaño entre 0.001 y 1 micrómetro. Los sólidos disueltos están compuestos de moléculas orgánicas, inorgánicas e iones en disolución en el agua. No se puede eliminar la fracción coloidal por sedimentación. Así mismo, los sólidos totales pueden dividirse en función de su volatilidad ($550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$), a estas temperaturas la fracción orgánica se oxidará y se convertirá en gas dando como resultado una fracción inorgánica en forma de ceniza. De allí, que se emplean los términos *Sólidos fijos* y *Sólidos volátiles*. El análisis de sólidos volátiles usualmente se emplea para determinar la estabilidad biológica de los lodos de las aguas residuales.⁷

Según su Naturaleza Química-Biológica los sólidos pueden ser:

- ❖ **Sólidos Orgánicos:** (50-80 %) Son proteínas, carbohidratos, grasas que pueden degradarse biológicamente. La DBO_5/DQO nos da una orientación sobre su degradación.
- ❖ **Sólidos Inorgánicos:** (20-50 %) Están constituidos por gravas, arcillas, arenas, metales (Moléculas inorgánicas). No se degradan por la acción de las bacterias y permanecen como cenizas después de una calcinación.

Según la Sedimentación pueden ser:

- ❖ **Sólidos en Suspensión (SS):** (33%) Son retenidos por filtros y visibles, y se clasifican en sólidos sedimentables o coloidales.
- ❖ **Sólidos Sedimentables:** Son capaces de decantar o depositar con el agua en reposo, son eliminados fácilmente mediante procesos físicos o mecánicos.
- ❖ **Sólidos Coloidales:** No se sedimentan cuando el agua está en reposo, o por lo menos en un tiempo considerable. Tampoco pueden ser eliminados por métodos físicos o mecánicos, siendo necesario un proceso de coagulación y floculación.
- ❖ **Sólidos Disueltos:** (60%) No son efectivas ninguna de las técnicas anteriores para eliminarlos, solo sería eliminables en parte mediante cambios de temperatura, pH, mediante efectos quemantes, etc. O por sistema de membranas, ósmosis inversa, nano filtración, ultrafiltración.

Según su volatilidad:

- ❖ **Sólidos Fijos:** Son los que permanecen en el agua después de una calcinación a 550°C , durante una hora.
- ❖ **Sólidos Volátiles:** Son los que no quedan después de la calcinación anterior, y se calculan restando a los totales los fijos.⁸

La clasificación de los sólidos, según Metcalf & Eddy, de acuerdo a diferentes pruebas de laboratorio se observa en la **Figura 2-3**.

⁷ Metcalf y Eddy, 59-60

⁸ M. Espigares y A. Pérez, 11

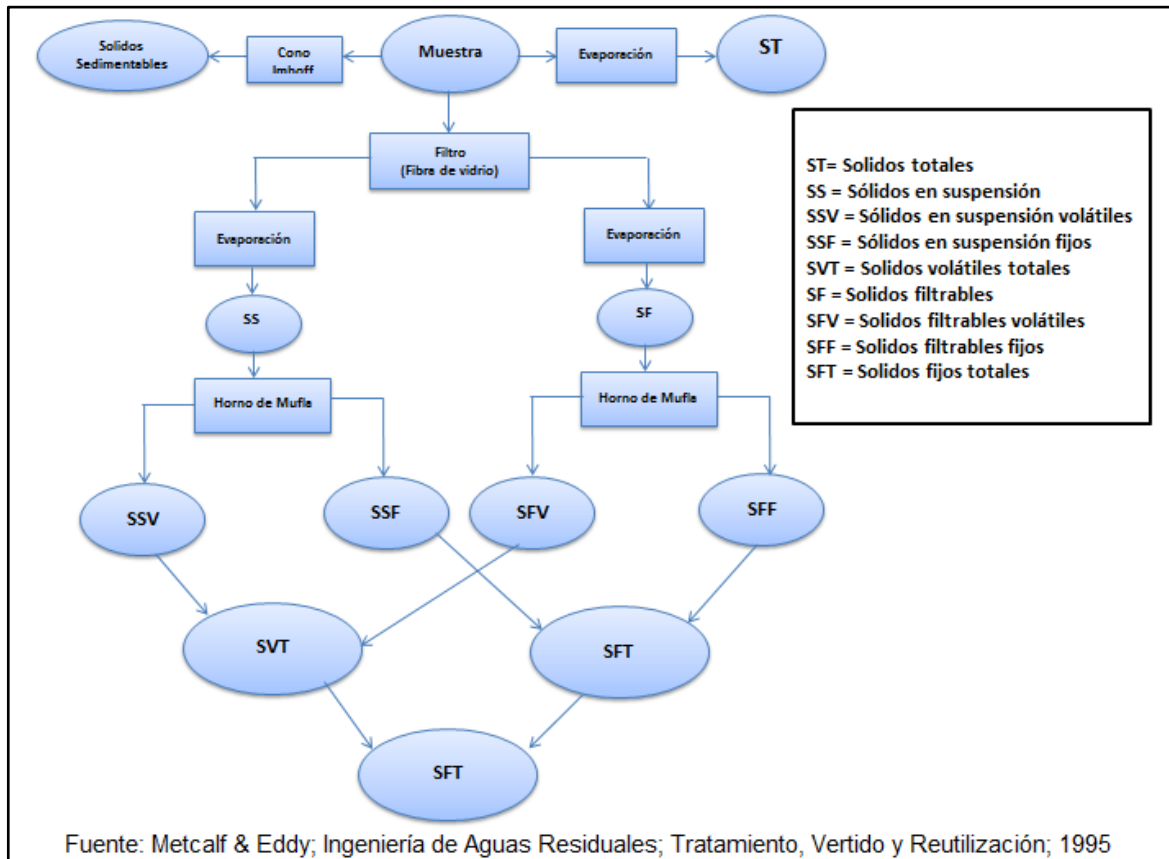


Figura 2-3: Clasificación de los Sólidos, según Metcalf & Eddy

2.1.1.1.2 Temperatura

La temperatura del agua residual suele ser más elevada que la del agua de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales, la temperatura de las aguas residuales varía entre 10°C a 20°C. La importancia de la temperatura en las aguas residuales se debe a la influencia que tiene sobre la vida acuática que se podría desarrollar en determinadas zonas, reacciones químicas y velocidades de reacción. Una variación significativa en la temperatura del agua, puede desencadenar la desaparición de la vida acuática, así como aguas con temperaturas muy elevadas pueden dar como consecuencia aparición de hongos y plantas acuáticas. Cabe señalar que entre 25°C y 30°C son temperaturas en las cuales el desarrollo de la actividad bacteriana estaría en su mejor momento.⁹

2.1.1.1.3 Color

El color es un parámetro mediante el cual se pueden calificar las aguas residuales, en lo que se refiere a la edad de la misma. En primera instancia el agua residual toma un color gris, sin embargo cuando las condiciones hacen que la presencia de oxígeno desaparezca esta agua va adquiriendo un color más oscuro hasta finalmente llegar a negra. Este color gris o negro por lo general se debe a la formación de sulfuros metálicos.¹⁰

⁹ Metcalf & Eddy

¹⁰ Romero Rojas Jairo Alberto



2.1.1.1.4 Olor

El olor se debe a los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaerobias, en aguas residuales recientes, el olor es tolerable, pero conforme va pasando el tiempo y se va agotando el oxígeno, entran en juego los microorganismos anaerobios, que reducen los sulfatos y sulfitos a sulfuros. Estos, si hay hierro presente, reaccionan dando sulfuro de hierro, que confiere un olor desagradable, característico de las aguas sépticas. También se producen gases de olor desagradable en las fermentaciones anaerobias.¹¹

2.1.1.1.5 Densidad

Se define como la masa del agua residual por unidad de volumen (kg/m^3). De esta característica depende la formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación u otras instalaciones de tratamiento. Tanto la densidad como el peso específico dependen de la temperatura y varían en función de la concentración total de sólidos.¹²

2.1.1.2 Características Químicas

Básicamente, las características químicas de las aguas residuales se las puede estudiar en tres partes que son: materia orgánica, medición del contenido orgánico y materia inorgánica.

2.1.1.2.1 Materia Orgánica

Los sólidos suspendidos pueden contener un 75% de materia orgánica y los disueltos un 40%. La materia orgánica de las aguas residuales es una combinación de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (CHON); con las proteínas (40 – 60%), carbohidratos (25 – 50%) y grasas y aceites (10%) como los grupos principales. Las altas concentraciones de materia orgánica en el agua se miden con diferentes tipos de ensayos.¹³

2.1.1.2.2 Medida del Contenido Orgánico

Se han establecido dos grupos de medición de acuerdo al grado de concentración de contenido orgánico. El primer grupo abarca concentraciones mayores de 1 mg/L, e incluye a la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), la DQO (Demanda Química de Oxígeno) y el COT (Carbono Orgánico Total). Además, como complemento a estos ensayos también se usa la DTO (Demanda Teórica de Oxígeno). El segundo grupo abarca concentraciones entre 0,01 mg/L hasta 1 mg/L y se emplean métodos instrumentales como son la cromatografía de gases y la espectroscopia de masa. En cambio, la determinación de las concentraciones de pesticidas se lleva a cabo mediante el método de extracción con carbonocloroformo, donde el agua pasa por una columna de carbón activado y los contaminantes son separados empleando el cloroformo.¹⁴

¹¹ M. Espigares y A. Pérez, 11

¹² Metcalf & Eddy, 72

¹³ Romero Rojas Jairo Alberto, 60

¹⁴ Metcalf & Eddy, 77

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Éste es el parámetro más aplicado a aguas residuales, representada por la DBO_5 o DBO_{20} . Lo que se mide es el oxígeno disuelto que consumen los microorganismos, en condiciones aeróbicas. Aunque tiene ciertas limitaciones, este ensayo es usado, porque mediante el mismo se pueden determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente; dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales; medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento; y controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos.¹⁵

El ensayo para medir la DBO a los 5 días, es el procedimiento manométrico basado en el respirómetro de “Warburg”, se observa en la **Figura 2-4**.

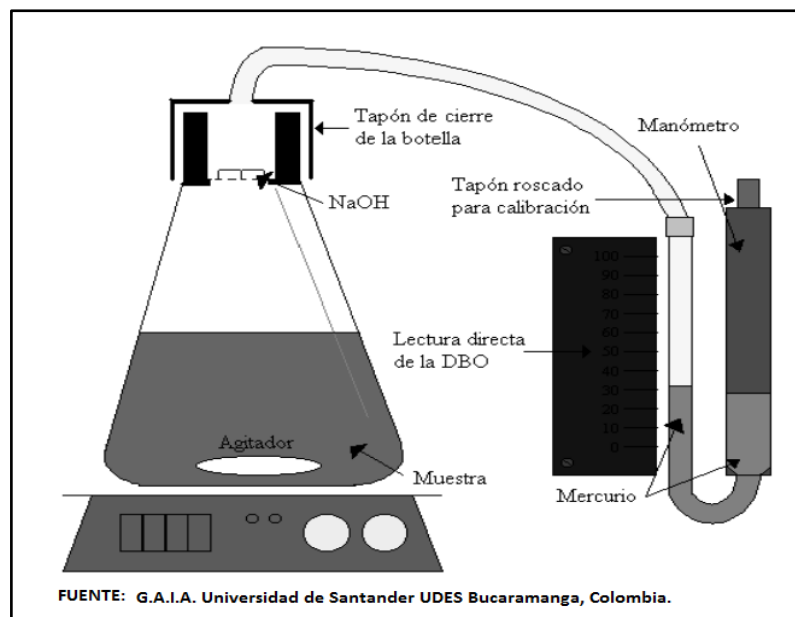


Figura 2-4: Respirómetro de Warburg

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Este ensayo mide la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua residual, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo. Se emplea un agente químico fuertemente oxidante en el medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse. El dicromato potásico es muy usado como agente químico. Este ensayo también se emplea en la medición de la materia orgánica presente en aguas residuales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica. En muchos tipos de aguas residuales se puede obtener una relación entre la DBO y la DQO.¹⁶

Carbono Orgánico Total (COT)

Este es otro método para medir la materia orgánica presente en el agua. Se utiliza especialmente cuando existen pequeñas concentraciones de materia orgánica. El ensayo se lleva a cabo inyectando una cantidad conocida de la muestra en un horno a alta temperatura o en un medio químicamente oxidante. En presencia de un catalizador, el carbono orgánico se oxida a anhídrido carbónico, la cual se mide cuantitativamente mediante un analizador de infrarrojos.¹⁷

¹⁵ Metcalf & Eddy, 81

¹⁶ Metcalf & Eddy, 93

¹⁷ Metcalf & Eddy, 93

2.1.1.2.3 Materia Inorgánica

Las concentraciones de sustancias inorgánicas en el agua aumentan tanto por el contacto con formaciones geológicas como por las aguas residuales (tratadas y sin tratar) que a ella se descargan. Puesto que las concentraciones de varios constituyentes inorgánicos afectan a los usos del agua, es conveniente examinar la naturaleza de algunos de estos.¹⁸

pH

Determina la calidad de las aguas residuales, cuando tiene una concentración inadecuada del ion hidrógeno, presenta problemas con procesos biológicos y modifica la concentración de este ion en el sitio de descarga.

Cloruros

La contribución diaria por persona es de 6 a 9 gramos en aguas residuales. Altas concentraciones pueden causar problemas en calidad de agua de riego y en su sabor para su reúso. Los cloruros interfieren en el ensayo de la DQO, y en concentraciones mayores a 15.000 mg/L son considerados tóxicos para el tratamiento biológico convencional.¹⁹

Alcalinidad

Esta característica expresa la concentración de iones bicarbonato, carbonato e hidróxido. Se analiza mediante los cambios de pH, por lo que se puede decir que ayuda a regular los mismos. Generalmente, el agua residual es alcalina.²⁰

Nitrógeno, Fósforo y Azufre

Los dos primeros son esenciales para el crecimiento de organismos protistas y plantas, razón por la cual son llamados nutrientes o bioestimuladores. El azufre es necesario para la síntesis de proteínas, el cual será liberado en el proceso de degradación de las mismas.²¹

2.1.1.3 Características Biológicas

Los principales parámetros biológicos de interés en las aguas residuales son los microorganismos biológicos y los organismos patógenos. En la **Figura 2-5** se encuentra la representación en el agua residual doméstica.

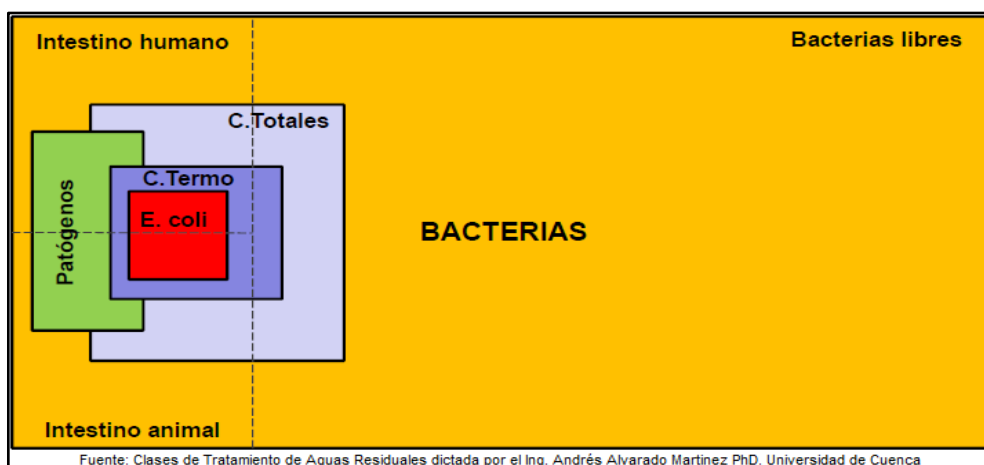


Figura 2-5: Parámetros Biológicos presentes en el Agua Residual Doméstica.

¹⁸ Metcalf & Eddy, 95

¹⁹ Romero Rojas Jairo Alberto, 36

²⁰ Gomella & Guerree, 36

²¹ Metcalf & Eddy, 97-100



Microorganismos

Los principales grupos de microorganismos presentes en aguas, ya sean residuales o superficiales, se clasifican en organismos eucariotas, eubacterias y arqueobacterias, la mayor parte de los organismos pertenecen a las eubacterias. La categoría protista, dentro de los organismos eucariotas incluye algas, protozoos y hongos, los animales vertebrados e invertebrados se los conoce como eucariotas multicelulares. Los virus presentes en el agua residual se clasifican en función del sujeto infectado.

Organismos Patógenos

Están presentes en aguas residuales y pueden proceder de desechos humanos con enfermedades típicas como la tifoidea, diarrea y cólera. Se encuentran en pequeñas cantidades y resultan difíciles de identificar, razón por la cual se emplea el organismo coliforme como indicador, ya que su presencia es mayor y de fácil comprobación. Los seres humanos evacúan entre 100 y 400 mil millones de coliformes diariamente, que puede dar como resultado la presencia de patógenos. Para determinar la calidad de agua se utilizan dos tipos de indicadores:

❖ Coliformes Totales

Aparecen también en el medio natural, para tener un indicador exclusivamente entérico, se estableció un indicador biológico denominado coliformes fecales (CF). Para detectarlos en laboratorios se realizan siembras en medios nutritivos específicos y al cabo de un tiempo determinado se cuenta el número determinado de colonias formadas (técnica del filtro de membrana) o se observa el efecto de gas, consecuencia del proceso de fermentación de lactosa (técnica de flujo múltiple). Si no hay coliformes, se tiene la seguridad de que no existen gérmenes o contaminación de origen fecal.

❖ Coliformes Termotolerantes

Son bacterias que forman parte del grupo coliforme, fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a $44.5 (+/-) 0.2$ °C, dentro de las 24 (+/-) 2 horas. La mayor especie en el grupo de coliformes termotolerantes es la *Escherichia Coli*. El método para la determinación se lo realiza a partir de colonias positivas de coliformes totales en placas con medio m – endo, las cuales son transferidas en tubos conteniendo medio EC, durante 24 horas.

***Escherichia Coli*:** Es quizás el organismo procariota más estudiado por el ser humano. Se trata de un enterobacteria que se encuentra generalmente en los intestinos animales, y por ende en las aguas negras, dado que es un organismo muy difundido. Su contenido en las aguas residuales puede originar gastroenteritis o diarrea en las personas.

2.1.2 Características de las Aguas Residuales de la ciudad de Cuenca

Desde el año de 1999, se ha mantenido un programa de monitoreo de la calidad del agua residual en el afluente (**Tabla 2-1**) y efluente final de la PTAR de Ucubamba, con la finalidad de identificar las características físico-químico y biológicas de las aguas residuales en la ciudad de Cuenca y la eficiencia del proceso o sistema de tratamiento empleado.²²

²² Durazno & Díaz, 2009

| PARAMETROS | Unidades | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|--------------------------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| DBO ₅ | mg/l | 71 | 77 | 80 | 93 | 111 | 93 | 100 | 97 | 85 | 109 | 118 |
| DQO | mg/l | 226 | 246 | 227 | 224 | 259 | 219 | 248 | 240 | 205 | 261 | 293 |
| Fósforo Total | mg/l | 5.2 | 4.9 | 4.5 | 4.6 | 5.5 | 4.8 | 5.6 | 5.6 | 5.3 | 5.8 | 5.2 |
| Nitrógeno Amoniacal | mg/l | 6.7 | 8.2 | 8.5 | 8.3 | 9.3 | 8 | 10 | 9.5 | 9.1 | 11 | 12 |
| S. Sedimentables | ml/l | 3.50 | 3.60 | 4.06 | 3.92 | 3.87 | 3.40 | 3.12 | 2.87 | 2.76 | 3.14 | 3.68 |
| Suspendidos Totales | mg/l | 150 | 147 | 136 | 148 | 146 | 159 | 144 | 150 | 148 | 200 | 247 |
| S. Totales | mg/l | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 524 |
| Coliformes Termotolerantes (1) | NMP/100 ml | 2.38E+07 | 1.87E+07 | 1.29E+07 | 1.36E+07 | 1.10E+07 | 1.16E+07 | 1.46E+07 | 8.24E+06 | 8.07E+06 | 9.91E+06 | >1,27E+7 |
| Coliformes Termotolerantes (2) | NMP/100 ml | 1.20E+08 | 4.41E+07 | 2.15E+07 | 3.37E+07 | 1.41E+07 | 1.44E+07 | 2.16E+07 | 1.04E+07 | 1.04E+07 | 1.23E+07 | >3,39E+7 |
| pH | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 7.19 |

Tabla 2-1: Valores Típicos del afluente de las lagunas de Ucubamba, ETAPA EP

Comparados con la composición típica de aguas residuales sin tratamiento citadas en Metcalf & Eddy (**Anexo 15**), la DBO₅ en los últimos 10 años de análisis mostrados en la **Tabla 2-1**, presenta una concentración media-baja de contaminantes, con un valor mínimo en el año 2000 de 71 mg/l y un valor máximo en el 2010 de 118 mg/l. La DQO del 2000 al 2008, presenta una concentración débil mientras que en los dos últimos años de estudio presenta un nivel de contaminantes medio. Los sólidos totales, sólidos suspendidos totales y fósforo total, se encuentran en un rango de concentración medio-bajo; en tanto que los sólidos sedimentables, Nitrógeno amoniacal presentan una concentración baja. El pH medido en el año 2010, concluye que el agua residual de la ciudad de Cuenca, es un agua neutra.

2.2 Plantas de Tratamiento para Pequeñas Comunidades

Se define pequeñas comunidades a aquellas poblaciones iguales o inferiores a 1000 habitantes. Por su propia situación geográfica y desarrollo, las pequeñas comunidades presentan una serie de problemas específicos que hace difícil la provisión de sistemas tanto de abastecimiento de agua potable como de tratamiento de aguas residuales.²³ Se conoce que tan solo el 0.7% del total de la capacidad de tratamiento de aguas residuales sirven a este tipo de comunidades²⁴. Los principales problemas están relacionados con:

Costos Elevados por Habitante

Las pequeñas comunidades no pueden aprovechar las ventajas de la economía a gran escala, que se deriva de la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, porque tendrían un costo por habitante más elevado. La construcción de estos sistemas de saneamiento pueden tener un costo de entre 2 y 4 veces superior en comunidades de 1.000 habitantes que en una de 100.000 habitantes.²⁵

Normativa de Vertido Estrictas

Las normativas de vertido de aguas residuales, son las mismas que para las comunidades grandes. Como consecuencia de ello, las pequeñas comunidades se ven obligadas a proporcionar el mismo tratamiento que las grandes comunidades, el problema radica en que no pueden contar con este tratamiento por sus limitaciones económicas.

²³ Metcalf y Eddy, 1153

²⁴ OMS

²⁵ Metcalf y Eddy, 1154

Limitaciones de Financiamiento

Las pequeñas comunidades se enfrentan con los siguientes problemas de financiamiento:

Menor ingreso por vivienda: Los ingresos de familias instaladas en zonas rurales son inferiores a los de las familias en zonas urbanas. El porcentaje de familias pobres está más en las zonas rurales.

Recaudación de impuestos por vivienda: La mayor parte de recaudaciones por impuestos corresponden a residencias, la contribución de industrias y comercios es mínima.

Financiamiento: Las pequeñas comunidades tienen grandes problemas para acceder a créditos de financiamiento.²⁶

2.2.1 Caudal de Agua Residual

Tanto en sistemas para viviendas individuales, como en sistemas para urbanizaciones y pequeñas comunidades, es necesario tener en cuenta los caudales por habitante y sus variaciones, para lo cual se estima el caudal de aguas residuales con la siguiente expresión:

$$Q_{dAR} = P * q * R * M + Q_i + Q_l \quad \text{Ec. 1}^{27}$$

Dónde:

| Términos de la Ecuación de Aguas Residuales | |
|---|--------------------------------------|
| QdAR | Caudal de diseño de Aguas Residuales |
| PqR | Caudal medio de Aguas Residuales |
| P | Población |
| q | Consumo de Agua Potable |
| R | Factor de Retorno |
| M | Factor de Mayoración |
| Qi | Caudal de Infiltración |
| Ql | Caudal Ilícito |

Tabla 2-2: Términos de la Ecuación de Diseño del Caudal de Aguas Residuales

Dotación de Agua Potable (q)

Se entiende por dotación, la cantidad de agua que se asigna para cada habitante, que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual, tomando en cuenta las pérdidas. Se expresa en litros/habitante-día, la dotación no es una cantidad fija, sino que se ve afectada por un sin número de factores que la hacen casi característica de una sola comunidad; sin embargo, se necesita conocer de ante mano estos factores, estos se pueden observar en la **Tabla 2-3**.

²⁶ Metcalf & Eddy, 1153-1155

²⁷ Metcalf & Eddy, 30-38

| Factor | Influencia |
|---|--|
| Disponibilidad de agua | En lugares con escasez de agua, el consumo tiende a ser menor |
| Clima | Climas cálidos inducen un mayor consumo |
| Tamaño de la población | Ciudades grandes presentan un mayor consumo asociado a las actividades comerciales e institucionales |
| Nivel económico | Nivel económico alto está asociado a un mayor consumo |
| Nivel de industrialización | Lugares industrializados asociados a mayor consumo |
| Medidores | Inhiben los grandes consumos |
| Costo | Inhiben los grandes consumos |
| Presión de agua | Induce un gran consumo y desperdicio |
| FUENTE: GUIA: CEPIS, Guia para el diseño de sistemas de alcantarillado | |

Tabla 2-3: Factores que afectan el consumo de agua de una población

Para estimar la dotación se debe hacer un análisis del tipo de actividades que son realizadas por la población y el agua que es consumida en esta. Para lo cual la **Tabla 2-4**, nos muestra las dotaciones de agua dependiendo del uso.

| Naturaleza | Consumo (l/hab/día) |
|---|--------------------------------|
| Bebida | 2 |
| Preparación de alimentos | 6 |
| Lavado de utensilios | 2-9 |
| Lavado de manos y cara | 5 |
| Baño | 10-30 |
| Lavado de ropa | 10-15 |
| Limpieza de recipientes sanitarios | 9-10 |
| Pérdidas eventuales | 6-13 |
| Total | 50-90 |
| Tipo de área a ser atendida según nivel de ingresos | Dotación per cápita(l/hab/día) |
| Alto | 250-180 |
| Medio | 180-120 |
| Bajo | 120-80 |
| FUENTE: GUIA: CEPIS, Guia para el diseño de sistemas de alcantarillado | |

Tabla 2-4: Consumo de acuerdo a su naturaleza

Factor de Retorno (R)

Este factor toma en cuenta el hecho de que no toda el agua consumida dentro del domicilio es devuelta al alcantarillado, debido a los múltiples usos como riego, lavado de pisos, cocina y otros. Se puede establecer, entonces, que sólo un porcentaje del total del agua consumida es devuelta al alcantarillado. Este porcentaje es denominado coeficiente de retorno o aporte, estadísticamente fluctúa entre 60% a 80%: sin embargo, se puede estimar este factor en base a información y estudios locales, pero cuando no se cuenta es recomendable asumir valores entre 0,80 a 0,85. Por ejemplo, para Cuenca se adopta un valor recomendado por la norma brasileña (0.80).²⁸

²⁸ Norma Brasileña NBR 9649 de la ABNT

Coeficiente de Variación de Consumo (M)

El caudal de las aguas residuales tampoco es constante a lo largo del tiempo; varía a lo largo de días, meses y estaciones del año dependiendo de factores como la temperatura y precipitaciones. Las variaciones del caudal son menores: alrededor del 25%²⁹ a las del agua potable, debido a:

- ❖ Parte del agua no llega al alcantarillado.
- ❖ El caudal de infiltración.
- ❖ El escurrimiento a lo largo de las tuberías.

Así mismo, las variaciones horarias de caudal son atenuadas en sistemas de alcantarillado, por lo que, los picos son absorbidos en grandes redes de alcantarillado.

Para la determinación de la variación de consumo se debe calcular K1 y K2, en donde:

- ❖ **K1** es el coeficiente de caudal máximo diario; relación entre el caudal máximo diario y el caudal medio diario anual = coeficiente pico del día de mayor consumo.
- ❖ **K2** coeficiente de caudal máximo horario; caudal máximo horario / caudal medio horario del día = coeficiente de la hora de mayor consumo.

$$M = K1 * K2$$

Ec. 2

Caudal de Infiltración (Qi)

Debido a la naturaleza de los conductos por donde circulan las aguas servidas, lo cual no garantiza una impermeabilidad absoluta, por lo que habrá una cierta cantidad de agua proveniente del subsuelo que se infiltra en la tubería incrementando el caudal. Este caudal varía con la permeabilidad del terreno, el nivel freático, el tipo y diámetro de la tubería, el tipo de juntas o uniones, la profundidad y métodos constructivos. Por lo tanto, para determinar este caudal nos basamos en la Norma Boliviana (NB) de Alcantarillado Sanitario. Ver **Tabla 2-5**.

| | Caudales de Infiltración (l/s/km) | | | | | | | |
|---------------------|-----------------------------------|------|-----------------|------|-----------------------------|------|---------------|------|
| | Tubo de cemento | | Tubo de arcilla | | Tubo de arcilla vitrificada | | Tubo de P.V.C | |
| Unión | Cemento | Goma | Cemento | Goma | Cemento | Goma | Cemento | Goma |
| Nivel Freático bajo | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,05 |
| Nivel Freático alto | 0,8 | 0,2 | 0,7 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,15 | 0,5 |

Fuente: Norma Boliviana NB 688-01 de Alcantarillado Sanitario

Tabla 2-5: Norma Boliviana para determinar el caudal de infiltración

Caudal Ilícito (Qi)

Este tipo de caudal se produce por el eventual ingreso al alcantarillado sanitario de aguas lluvias, especialmente en las zonas que carecen de alcantarillado pluvial, cuyo valor se debe exclusivamente a conexiones ilícitas de aguas que escurren por techos, patios y drenajes de sótanos, con sumideros de aguas lluvias, conectados al alcantarillado sanitario por ignorancia o equivocación, conexiones con viviendas abandonadas, falta de hermeticidad en los pozos y cajas de revisión debido a fallas en la construcción. El caudal de aguas lluvias que se introduce en las alcantarillas es muy variable, y en muchos casos esta aportación debe ser tomada muy en cuenta dado su valor elevado, pudiendo ser

²⁹ Hernandez

uno de los factores debido al cual la capacidad de las tuberías excede a las calculadas y comience a fallar el sistema. La cuantificación de estas aguas se las efectúa relacionándola con la población, es decir, en litros por segundo y por habitante. Para estimar este caudal la norma del IEOS recomienda la siguiente expresión:

$$Q_i = \frac{80 * P}{86400} \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde:

| Términos de la Ecuación del Caudal Ilícito | |
|--|------------------------|
| Qi | Caudal Ilícito (l/s) |
| P | Población (habitantes) |

Tabla 2-6: Términos de la Ecuación del Caudal de Infiltración según la IEOS

2.2.2 Unidades de Tratamiento

El objetivo del tratamiento es disminuir el impacto ambiental, mediante el paso del agua residual por las diferentes estructuras como: rejilla de entrada, tanque séptico y humedales artificiales.

2.2.2.1 Rejilla de Entrada

Generalmente, tienen aberturas (separación entre barras) superior a ½ pulgadas (12.5mm). En los procesos de tratamiento del agua residual, las rejillas se utilizan para proteger válvulas, tuberías y otros elementos contra posibles daños y obturaciones ocasionados por objetos como trapos y palos. De acuerdo con el método de limpieza las rejillas y tamices se clasifican como: manual (**Figura 2-6**) o mecánica. La rejilla de limpieza manual se usa con bastante frecuencia en plantas de tratamientos pequeñas; los sólidos removidos por las rejillas se colocan sobre el lecho de secado de lodos para su deshidratación.



Figura 2-6: Rejilla de Entrada de la PTAR Churuguzo

2.2.2.2 Sedimentador

En este tipo de unidades se produce sedimentación o decantación, normalmente con caída libre, en régimen laminar turbulento o de transición. La masa líquida se traslada de un punto a otro con movimiento uniforme y velocidad VH constante. Cualquier partícula que se encuentre en suspensión en el líquido en movimiento, se moverá según la resultante de dos velocidades: la velocidad horizontal (VH) y la velocidad de sedimentación (VS). Véase la **Figura 2-7**.

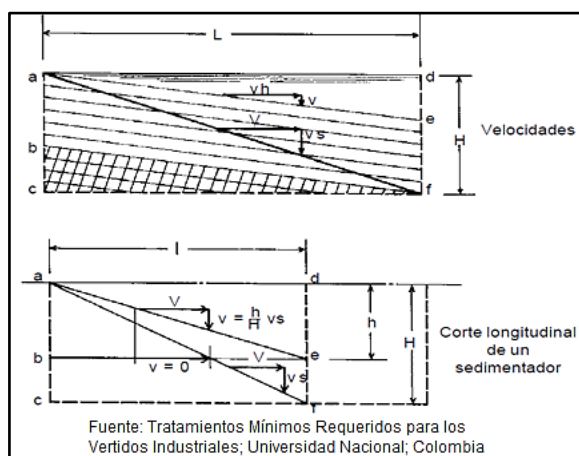


Figura 2-7: Trayectoria ideal de una partícula en un sedimentador

La sedimentación realiza la separación de las partículas más densas que contiene el agua, puede ser simple cuando las partículas que se asientan son discretas, o sea partículas que no cambian de forma, tamaño, o densidad durante el descenso en el fluido, o sedimentación inducida, esto se da cuando las partículas que se sedimentan son aglomerables, o sea, que durante la sedimentación se aglutinan entre si, cambiando de forma, tamaño y aumento de peso específico.

2.2.2.3 Fosa Séptica

Definición

Es aquella que recibe y trata las aguas servidas, la parte sólida de las aguas servidas es separada por un proceso de sedimentación, y a través del denominado “proceso séptico” se estabiliza la materia orgánica de esta agua para lograr transformarla en sustancias y compuestos más simples y estables³⁰. Por lo general, una fosa séptica se construye a partir de una gran caja de forma rectangular, que posee uno o más compartimientos. Lo más común, es que estas se encuentren enterradas y cubiertas por una losa de concreto.

Debido a que estas fosas poseen una alta concentración de material orgánico y organismos patógenos, es necesario que sean herméticos, duraderos y de estructura muy estable. Debido a lo anterior, los materiales que se utilizan para su construcción suelen ser: concreto reforzado y ferro cemento. En la **Figura 2-8**, se presenta un esquema general.

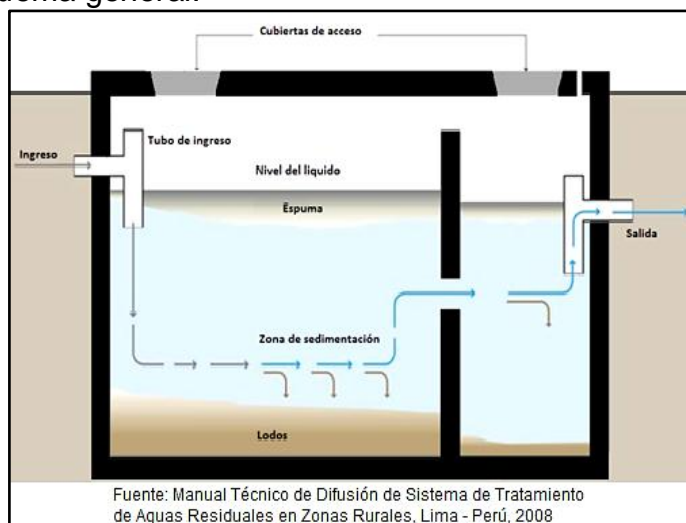


Figura 2-8: Esquema General de una Fosa Séptica

³⁰ Manual técnico Lima-Perú, 2008



Funcionamiento

Uno de los principales objetivos es crear dentro de la estructura una situación de estabilidad, que permita la sedimentación por gravedad de las partículas pesadas, los resultados dependen en gran medida del tiempo de retención, los dispositivos de entrada, salida y la frecuencia de extracción de lodos. Si llegan repentinamente al tanque grandes cantidades de líquido, la concentración de sólidos en suspensión en el efluente puede aumentar temporalmente, debido a la agitación de los sólidos ya sedimentados. Las espumas, grasas y aceites que son materiales menos densos que el agua flotan en la superficie, formando una nata que puede llegar a endurecerse considerablemente, la materia orgánica contenida en las capas de lodo y natas es descompuesta por bacterias anaerobias, y una parte considerable de ella se convierte en agua y gases. Los lodos que ocupan la parte inferior del tanque séptico se compactan debido al peso del líquido y los sólidos que soportan, estos deben ser extraídos con frecuencia para evitar que se consoliden en el fondo.

Eficiencia

La eficiencia de la fosa séptica se expresa normalmente en función de parámetros adoptados en sistemas de tratamiento, los más usados son: sólidos en suspensión y DBO.

❖ Sólidos en Suspensión

La fosa séptica, podrá obtener una reducción en los sólidos en suspensión del orden del 60%. En Cincinnati, Ohio, E.U.A., en 18 tipos de fosas diferentes se obtuvieron reducciones que varían entre el 16 y el 60%, para una contribución diaria de 2000 litros.

❖ Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La remoción de DBO en las experiencias citadas anteriormente se encuentra entre el 35 y 61% para una contribución diaria de 2000 litros. El mayor porcentaje de remoción fue del 84%.³¹

2.2.2.4 Lagunas Superficiales o Humedales

Los humedales, también conocidos como “Wetlands” imitan a sistemas naturales, el agua fluye en el lecho y se filtra a través piedras y plantas acuáticas, el lecho es poco profundo, permeable en el cual se establecen las plantas para desarrollarse. Los humedales son áreas que se encuentran con aguas con frecuencia y duración tales, que permitan mantener condiciones saturadas. En estos sistemas, los contaminantes presentes en las aguas residuales son removidos por una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que se efectúan en el ambiente natural, entre estos procesos se encuentran la sedimentación, la adsorción a las partículas del suelo, la asimilación por las plantas y la transformación microbiana. Se denomina también como biofiltros, puede ser usado como el tratamiento secundario de las aguas residuales, instalándose de forma complementaria al tanque séptico. Un biofiltro es un humedal artificial de flujo subterráneo, sembrado con plantas acuáticas en la superficie del lecho filtrante, por donde las aguas residuales pre-tratadas fluyen en forma horizontal o vertical.³² En la **Figura 2-9**, se muestra un esquema general de un humedal artificial.

³¹ Constantino Arruda Pessoa y Eduardo Pacheco Jordao, *Tratamiento de Esgotos Domésticos*

³² *Manual técnico Lima-Perú, 2008*

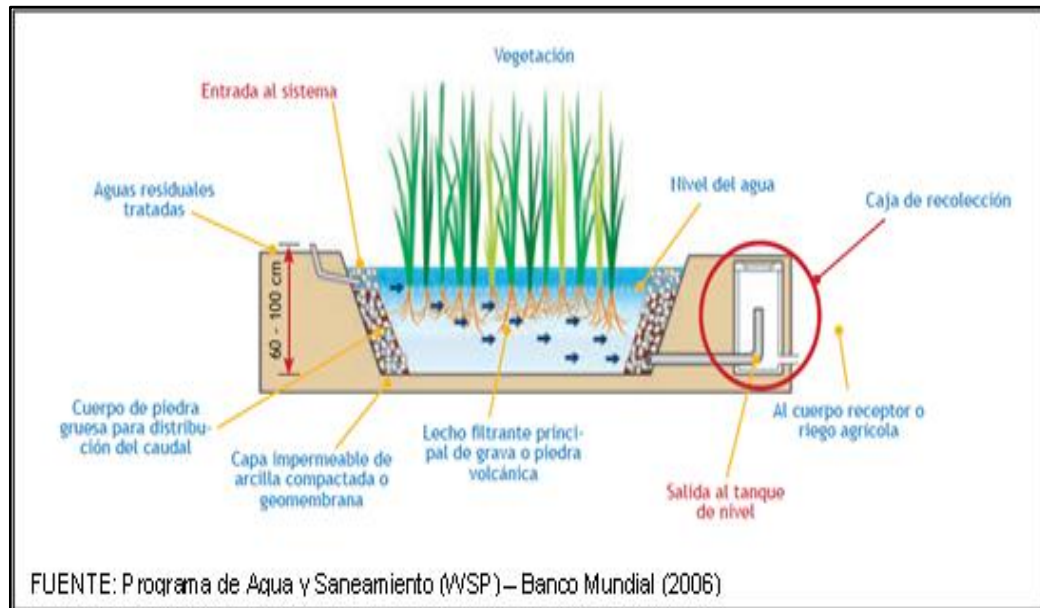


Figura 2-9: Esquema General de un Humedal Artificial

El humedal artificial está constituido de:

- ❖ Plantas acuáticas: carrizo, papiro, junco, totora, lechuguines u otros.
- ❖ Material filtrante: grava y arena.
- ❖ Tubos y codos de PVC de diferentes diámetros.
- ❖ Impermeabilización del pozo con geomembrana.

Existen dos tipos principales de humedales artificiales que son los de flujo libre (Free Water Surface – FWS) y los de flujo sub-superficial (Subsurface Flow – SSF).

Humedales de Flujo Libre (FWS)

En este tipo de humedales la vegetación está parcialmente sumergida en el agua, tiene una profundidad de 1 a 4,5 cm. El agua está contenida en canales o tanques, con una barrera natural o artificial para evitar la percolación del agua. Las bacterias adheridas a las plantas se encargan de tratar el agua residual que fluye por la vegetación. Las plantas comunes utilizadas en este sistema son: aneas, totoras, carrizos, juncias y juncos.³³ Ver **Figura 2-10**.

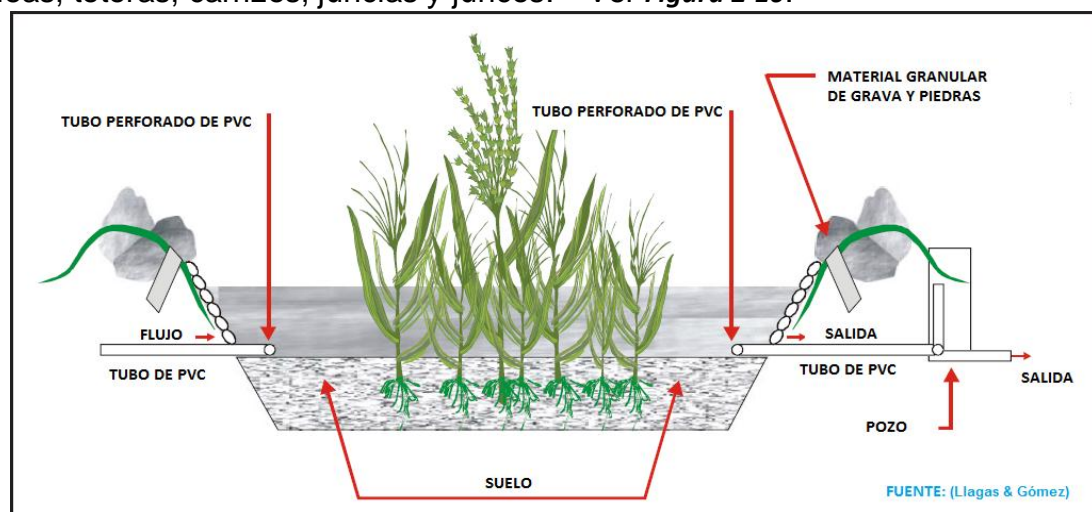


Figura 2-10: Esquema de un Humedal de Flujo Libre (FWS)

³³ Crites & Tchobanoglous, 565
David Once – Johnny Ruiz

Humedales de Flujo Sub-superficial (SSF)

Este sistema se encarga de tratar el agua residual a medida que esta fluye lentamente a través de un medio poroso. La vegetación emergente esta plantada en este lecho de grava gruesa y arena. El lecho tiene una profundidad entre 0,45 y 1 m, y una pendiente característica entre 0 y 0,5%.³⁴

A medida que circula el agua residual se produce un contacto con zonas aerobias, anoxias y anaerobias. La zona aerobia, se encuentra en la parte cercana a la superficie y alrededor de las raíces y rizomas de las plantas. Se forma entonces una biopelícula alrededor de la grava y de las raíces de las plantas gracias a los microorganismos presentes. Esto significa, que el rendimiento del sistema será mejor cuanto mayor sea la densidad de microorganismos. Es por esto que el área requerida sea menor que en los humedales de flujo superficial, pero tiene un costo mayor por la cantidad de medio poroso que se debe utilizar.³⁵ Ver **Figura 2-11**.

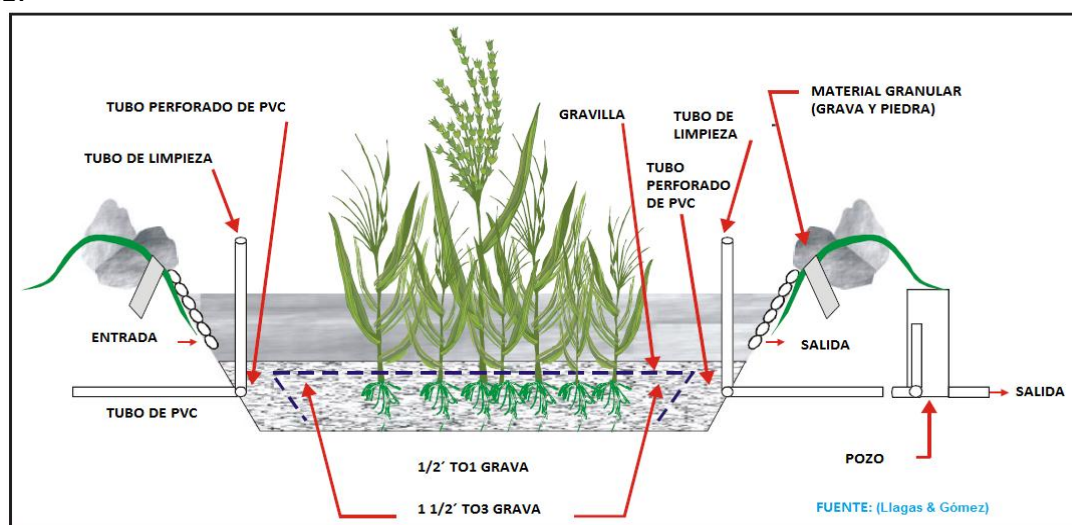


Figura 2-11: Esquema de un Humedal de Flujo Sub-Superficial (SSF)

2.2.2.4.1 Flujo en el Humedal

Flujo Pistón

El flujo Pistón se da en estos tipos de humedales, implica la circulación del flujo por un tubo con perfil radial plano de velocidad, temperatura y composición. El flujo Pistón, alcanza valores muy bajos de número de Reynolds, esto sucede cuando se excede el esfuerzo de cedencia. En este tipo de flujo, la velocidad es la misma a través del diámetro de la tubería o del espacio anular, excepto para la capa de fluido que está en contra la pared del conducto; es decir, cualquier corte transversal de la sección presenta las mismas propiedades.

2.2.2.4.2 Plantas acuáticas

La Totorá

La totora es una de las plantas acuáticas más conocidas y difundidas en nuestro medio. Su nombre es *Scirpus californicus* y forma parte de la amplia gama de plantas fitodepuradoras empleadas en los sistemas no convencionales de depuración de aguas residuales. En este apartado, presentamos las características de la totora como agente depurador.

³⁴ Crites & Tchobanoglous, 565

³⁵ Mena, 5

Características Generales

Las heliófilas son plantas adaptadas a condiciones de saturación de humedad e inundación, siempre que el agua no las cubra completamente. En otras palabras, soportan una fuerte limitación en la disponibilidad de oxígeno en el suelo; comprenden una parte debajo del nivel del agua y otra parte aérea. Ver **Figura 2-12**.

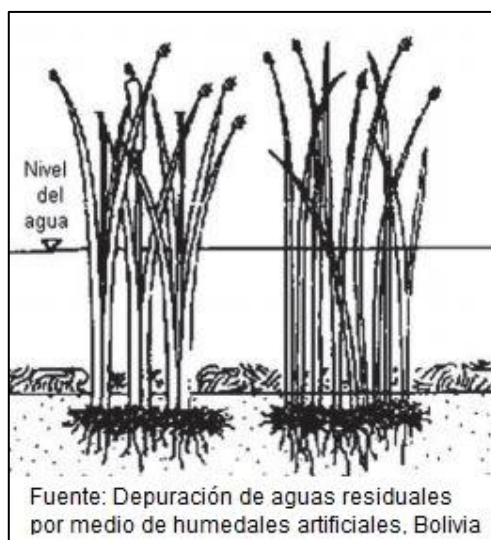


Figura 2-12: Plantas heliófilas en medio acuático

El papel de las heliófilas en los humedales artificiales se resume en los siguientes aspectos:

- ❖ Servir de filtro para mejorar los procesos físicos de separación de partículas.³⁶
- ❖ Asimilación directa de nutrientes como el nitrógeno y fósforo, y metales que son retirados del medio e incorporados al tejido vegetal.³⁷
- ❖ Actuar a modo de soporte para el desarrollo de biopelículas de microorganismos, que actúan purificando el agua mediante procesos aerobios de degradación.³⁸
- ❖ Transportar grandes cantidades de oxígeno desde los tallos hasta sus raíces y rizomas, donde es usado por dichos microorganismos.³⁹

Además del oxígeno radicular, las bacterias son favorecidas por exudados de las plantas en la misma zona.⁴⁰ Su clasificación sistemática es (Navas, 2001):

| Schoenoplectus californicus - Tatora | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Reino: | Plantae |
| División: | Magnoliophyta |
| Clase: | Liliopsida |
| Orden: | Cyperales |
| Familia: | Cyperaceae |
| Género: | Scirpus |
| Especie: | Scirpus californicus tator |

Tabla 2-7: Clasificación sistemática de la tatora

³⁶ Valdés et al., 2005

³⁷ Lahora Cano, 2004

³⁸ Valdés et al., 2005

³⁹ Lahora Cano, 2004

⁴⁰ Stengel en Soto et al., 1999

Características Morfológicas

Tienen epidermis muy delgadas a fin de reducir la resistencia al paso de gases, agua, nutrientes y tejidos; grandes espacios intercelulares que forman parte de una red de conductos huecos en los que se almacena y circula aire con oxígeno. Esto permite la transferencia de oxígeno desde el aire y órganos fotosintéticos, y desde allí hasta las raíces.⁴¹

❖ Rizomas

Son tallos subterráneos que crecen paralelamente a la superficie del suelo. Estos presentan a un lado raíces adventicias y a las otras ramas hacia la superficie con hojas y yemas.⁴² Acumulan reservas, que son aprovechadas por las yemas para germinar.

❖ Tallos

Varían entre 1-4 m, poseen tejidos sin color con grandes espacios intercelulares llenos de aire, que facilitan la flotación y la llegada de aire a los órganos sumergidos. Se agrupan en pequeños haces conductores conocidos como Xilema y Floema que a bajas temperaturas se obturan, lo que dificultan la conducción de sustancia orgánicas. Ver **Figura 2-13**.

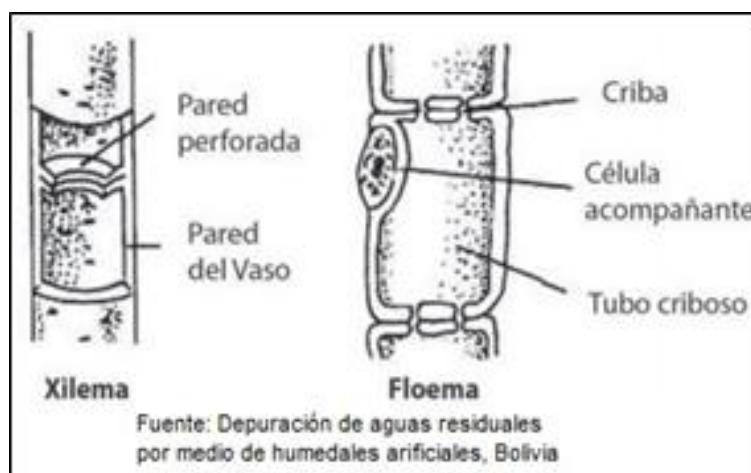


Figura 2-13: Corte longitudinal del Xilema y Floema en la Totorá

❖ Reproducción

En la mayoría de los casos, la totora se reproduce vegetativamente mediante células especializadas en propagar la planta (meristemos), agrupadas en estructuras especiales (rizomas). La reproducción por semillas es muy limitada debido a que generalmente no logran germinar.

Adaptación

Son plantas de climas templados que prosperan en posiciones soleadas, tolerando un amplio rango de pH (4-9). La temperatura media óptima para su desarrollo está dentro del intervalo (16–27) °C. Se utilizan principalmente en humedales artificiales de flujo sub-superficial, ya que su tolerancia a la inundación permanente es poca cuando la capa de agua es profunda.⁴³ Prospera muy bien en medio acuáticos de baja profundidad como lagunas o zonas de inundación.

⁴¹ Fernández et al. 2004

⁴² Aycachi Inga, 2004

⁴³ Málvarez, 1999



2.2.2.4.3 Capacidad de Remoción de los Humedales

El funcionamiento de los humedales no está totalmente comprendido, incluso existe discrepancias en el uso de plantas acuáticas. Varios autores afirman que los resultados obtenidos con el uso de fotosistemas son mejores que los obtenidos con un sistema igual pero sin plantas. Se reporta reducción de contaminantes en general, de más del 20 % en humedales implantados respecto a los no implantados. Sin embargo, existen estudios que no registraron diferencias entre el rendimiento de humedales plantados y no plantados⁴⁴. Así mismo, se indica que no existen diferencias estadísticamente significativas, entre humedales sub superficiales plantados y no plantados, en indicadores fecales y remoción de bacterias⁴⁵.

Adicionalmente, el potencial depurador de los humedales varía estacionalmente. Esto puede ser explicado tanto por simples variaciones meteorológicas, como por cambios producidos en la fisiología de las plantas. Se reporta en verano un aumento en la actividad de la planta, por tanto su capacidad de tratamiento de diversos factores (remoción de fósforo, fosfatos y nitrógenos)⁴⁶. Además, reportan una fuerte variación en la remoción de amoníaco y fósforo entre primavera e invierno, siendo mejores los resultados en humedales plantados que en otros sin plantas⁴⁷. Además indican que hay una mayor remoción de indicadores fecales y bacterias en verano e invierno⁴⁸. El efecto de la vegetación es significativo en la eliminación de la contaminación, para aguas residuales diluidas (tratamiento previo de desbaste y laguna facultativa)⁴⁹.

De lo anterior, se puede concluir que las plantas aumentan la depuración en los humedales cuando las condiciones climatológicas, de tratamiento previo y calidad del agua a ser tratada, no son tan extremas como para salir de un rango de tolerancia. Además, es necesario mencionar que los humedales artificiales, independientemente de la especie heliófila utilizada, tienen en general baja eficiencia en la remoción de nutrientes, pero una alta eficiencia de remoción en DBO y DQO, así como en la fijación de metales pesados y media-alta eficiencia en la eliminación de coliformes fecales.

⁴⁴ Stearman, 2003

⁴⁵ García M, 2004

⁴⁶ Soto, 1999

⁴⁷ Zuñiga, 2004

⁴⁸ García M, 2004

⁴⁹ Álvarez y Bécares, 2005

3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La caracterización del área de estudio, comprende la recopilación de información disponible en el Sistema Nacional de Información (SNI), que en archivos digitales incluye recursos de entidades gubernamentales como: el Instituto Geográfico Militar (IGM), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INHAMI), INEC, Ministerio de Agricultura Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), además del departamento de investigación de la Universidad de Cuenca: Programa para el Manejo del Agua y el Suelo (PROMAS) y de la Empresa Electro Generadora del Austro (ELECAUSTRO S.A), dicha información y sus respectivos metadatos se encuentran en formato “*shapefile*” (SHP), que fueron procesados, transformados y depurados con la ayuda del software ArcGIS.

Adicionalmente, se realizó una encuesta sanitaria con el objetivo de estimar la población que está conectada al sistema de alcantarillado, para relacionar al caudal que llega a la planta de tratamiento. Además, apreciar las condiciones de vida de la población que condicionan las características de las aguas residuales y por ultimo detectar los puntos de la zona en donde se descarga agua de lluvia o riego en la red, alterando el funcionamiento real para el que fue diseñado.

El formato de encuesta utilizado para alcanzar estos objetivos se puede observar en el **Anexo 1**. Se estructuró, de tal manera que facilite una determinación del Q sanitario y que tipo de aguas residuales ingresan a la red de alcantarillado, ya sea doméstica, industrial, aguas de infiltración o aguas ilícitas. Es preciso indicar, que en la comunidad Soldados, se logró encuestar a toda la población de la zona de estudio, mientras tanto en Victoria del Portete, no fue posible encuestar a 13 viviendas por falta de colaboración.

3.1 Información general sobre el Cantón Cuenca

El cantón Cuenca, es uno de los 15 cantones de la provincia del Azuay, siendo la capital de la provincia, la ciudad principal en el austro ecuatoriano y la tercera en importancia del país. Se ubica en la región interandina, en las coordenadas 9650000–9720000 S y 660000–740000 W, ocupa en la provincia una extensión de 3128,8km² ⁵⁰ de un total provincial de 8124,7km² (38,5%). De acuerdo a lo establecido en la Reforma, Actualización, Complementación y Codificación de la Ordenanza que sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca, el territorio se divide de acuerdo a la **Tabla 3-1, Figura 3-1**.

| DIVISIÓN DEL TERRITORIO EN EL CANTÓN CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY | | |
|--|--------|-----------|
| Área Urbana | 6771 | Hectáreas |
| Área de Influencia Inmediata | 12013 | Hectáreas |
| Área Rural | 312880 | Hectáreas |
| Área Total | 331664 | Hectáreas |

Tabla 3-1: División del Territorio en el Cantón Cuenca, Azuay

⁵⁰ PACIDEL, Red de Cántaro, 2000



| DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL CANTÓN CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY | | |
|---|--------|------------|
| Población Urbana | 329928 | Habitantes |
| Población Rural | 175657 | Habitantes |
| Población Total | 505585 | Habitantes |

Tabla 3-2: Distribución de la Población en el Cantón Cuenca, Azuay

El cantón se divide en 15 parroquias urbanas y 21 rurales y son representadas por las Juntas Parroquiales ante el Municipio de Cuenca. Las 33 PTAR a cargo de ETAPA EP se encuentran en las zonas rurales del Cantón. Véase **Figura 3-2**.



El clima está determinado por su ubicación en la cuenca del río Paute, presenta variaciones de altitud entre los 2000 y los 4000m.s.n.m., consecuentemente se encuentra una gran variedad de temperaturas.

3.2 PTAR Soldados

La planta de depuración de aguas residuales recibe el nombre de “Soldados”, debido a su localización y prestación del servicio en dicho lugar. A continuación, se realizará una caracterización de los aspectos más importantes de la zona en estudio.

3.2.1 Ubicación e Identificación de la Planta

La PTAR a evaluar se encuentra en el sector rural del cantón Cuenca, en la parroquia de San Joaquín, en la comunidad Soldados, ubicada a 30Km al oeste de la ciudad de Cuenca, en la vía Cuenca-Chaucha, en las coordenadas latitud: 2°56'38.88" S, longitud: 79°13'43.34" O", altura 3300 m.s.n.m. Véase **Figura 3-3**.

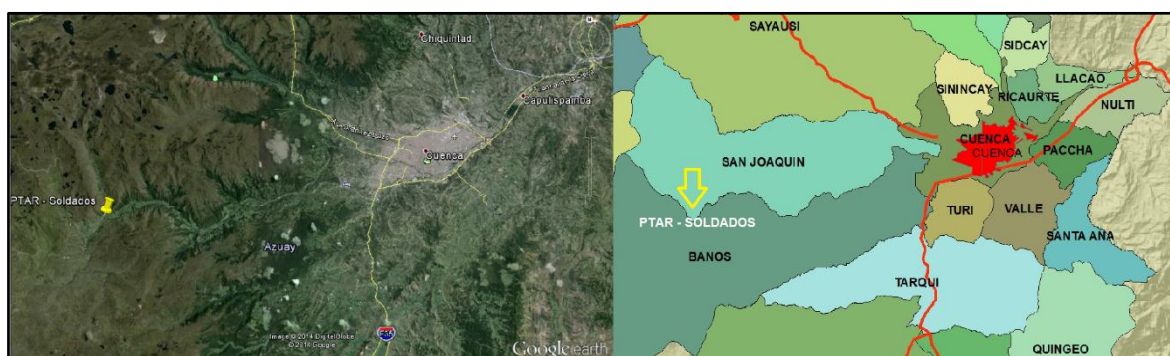


Figura 3-3: Ubicación de la PTAR Soldados

3.2.2 Información General del Área de Influencia

La comunidad de Soldados, desconoce su fecha de fundación, sin embargo se sabe que los terrenos donde se asienta, fueron originalmente pertenecientes a las familias Farfán y Arriaga, quienes parcelaron y vendieron pequeños terrenos a sus empleados. Soldados, tiene una población de 147 personas permanentes y 55 ocasionales, según la encuesta sanitaria realizada en el 2014.

En la actualidad, el representante de la comunidad es el Sr. Ricardo Jácome. Soldados, tiene una Junta de Desarrollo la cual trabaja buscando mejoras en la organización, además cuentan con el apoyo de la Junta Parroquial de San Joaquín que busca el financiamiento de obras, en instituciones gubernamentales como: Consejo Provincial, ETAPA EP, Consejo económico de la Parroquia, etc.

3.2.3 Descripción del Área de Influencia

El área de estudio para esta planta se delimita considerando el trazado de la red de alcantarillado sanitario que dispone la comunidad. Debido a que es un sector aislado, no se presentaron inconvenientes para delimitar el área de aporte de la población servida por la planta (**Figura 3-4**). Esta área de estudio comprende un total de 43 casas; de las cuales tres casas están abandonadas, dos son villas vacacionales y una encuentra en construcción, quedando un total de 37 casas encuestadas. Entre las que están: una escuela, una iglesia, casa comunal; y solo 34 son habitadas incluyendo el control del parque Nacional Cajas ETAPA EP. La encuesta se lo realizó en un tiempo de 5 días entre el 1 al 5 de Mayo 2014.

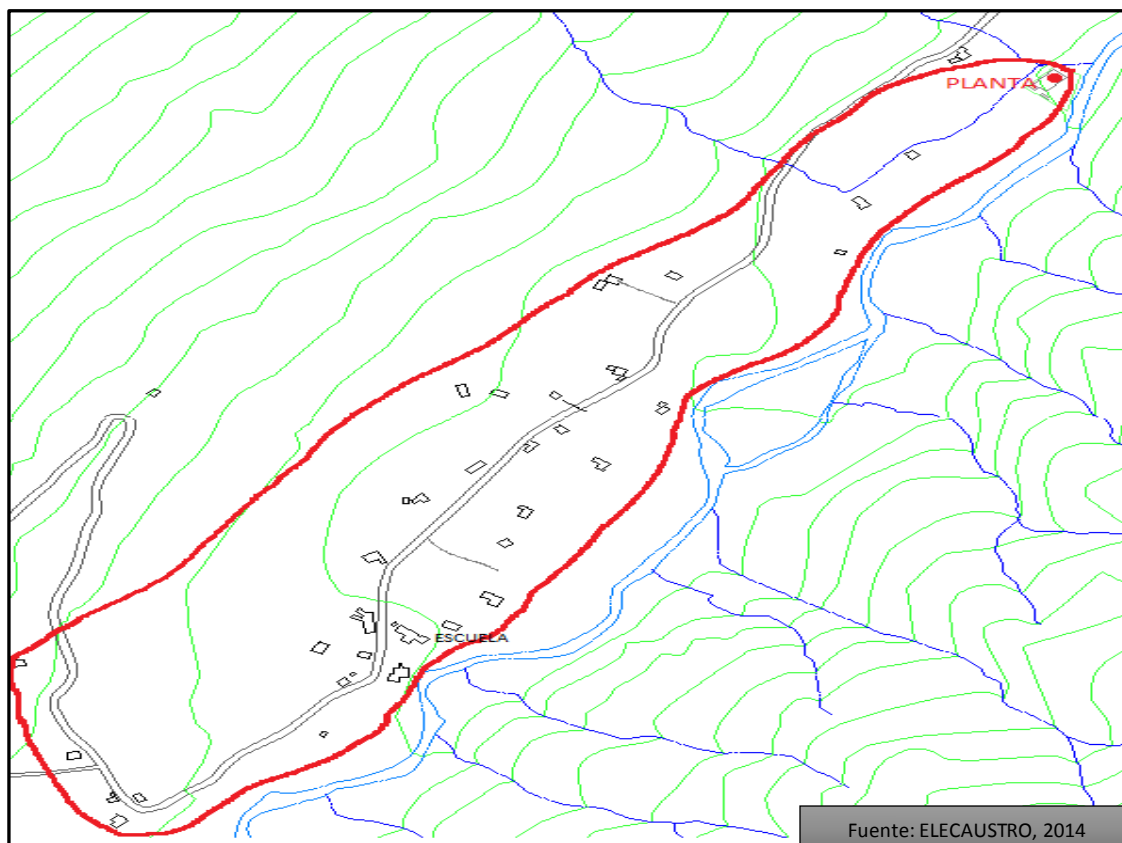


Figura 3-4: Delimitación del área de estudio de la PTAR Soldados

3.2.4 Medio Abiótico

3.2.4.1 Topografía

La topografía del sector es muy irregular característico de una zona alta de montaña. La comunidad se encuentra a una altura de 3300m.s.n.m. asentada a la ribera del río Yanuncay, que delimita las parroquias de San Joaquín y Baños, la zona baja cuenta con terrenos planos, en donde se encuentran los pastizales que sirven al ganado. Los principales cerros son: Chusalongo (3860m.s.n.m.), Ashcayrrumi (3760m.s.n.m.), Loma el Rodeo (3800m.s.n.m.), Caparina (3620m.s.n.m.) y Cachipugru (3680m.s.n.m.) que dan origen a la formación de un pequeño valle en donde se encuentra la comunidad, tal como se puede ver en la **Figura 3-5**.

Geológicamente, el suelo está conformado por tobas, riolitas, y andesitas pertenecientes a la formación Tarqui (PT), además de depósitos aluviales en las riberas del río Yanuncay, la zona de estudio contiene piedras grandes que dificultan la excavación, además cabe recalcar que existen zonas propensas a derrumbes debido a la litología y alta pendiente en especial, en el cerro de Chusalongo y en el filo de Clavelillos que están cercanos a la vía de acceso a la comunidad.

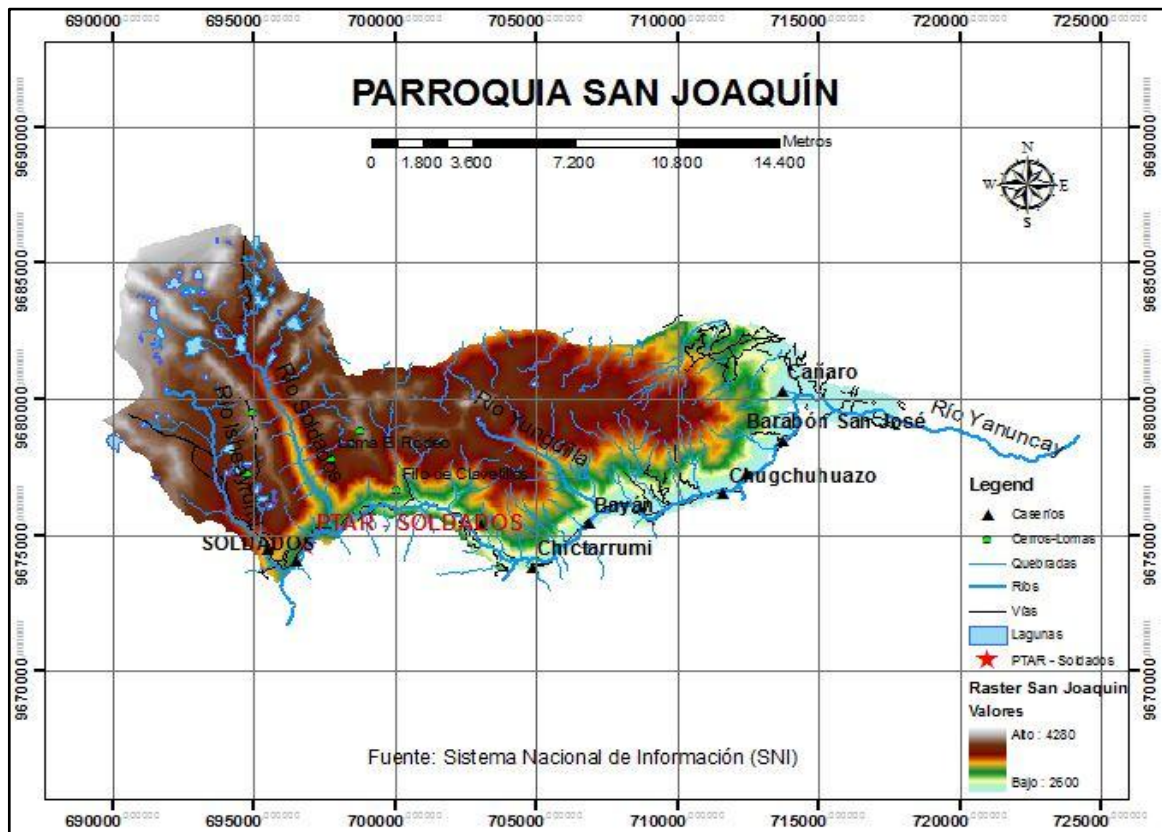


Figura 3-5: Mapa Topográfico de la Parroquia de San Joaquín

3.2.4.2 Hidrografía

La cuenca del río Yanuncay, está constituida por 9 microcuencas de ríos que se forman al converger las diferentes quebradas, el río Yanuncay se origina en las zona alta del páramo andino a 4280m.s.n.m. en las lagunas del parque nacional Cajas, de donde nace el río Galgal, el cual se une con el río Quingoyacu y con el río Bermejos en el sector de Esteriillas, para tomar el nombre de río Bermejos que cerca de la comunidad Soldados se une con el río Ishcayrrumi, más adelante, en el centro poblado de Caparina se une con el río Soldados y toma el nombre definitivo de río Yanuncay, en el cual desembocan sus aguas los ríos Chanchan en el sector de Chictarrumi, el río Yunguilla en el sector de Sanyán, y el río Minas en el sector de Barabón, río Tarqui en el sector Asunción, de la misma manera existen quebradas que ayudan al riego de los pastizales de la comunidad y desembocan directamente en el río Yanuncay, las mismas que son de poca profundidad y su caudal es variable dependiendo de la estación.

La cuenca del río Yanuncay, está conformada por ríos de montaña debido a que desciende desde los 4280m.s.n.m., en su origen en el páramo, a 2480m.s.n.m. en la unión con el río Tomebamba en el sector del Parque el Paraíso. Esta cuenca, comprende un área aproximada de 41900ha. Aproximadamente, toda la cuenca se puede observar en la **Figura 3-6**.



Soldados se encuentra en el páramo que pertenece al parque nacional Cajas, en donde presenta un clima de alta montaña tropical, con temperaturas diarias muy variables, es decir, tienen una gran amplitud térmica: frío congelante durante la noche y calor de más de 25°C durante el día. La temperatura media anual está generalmente entre los 2° y los 10°C, dándonos una temperatura media de 6°C y la precipitación total anual oscila entre los 600mm (en los páramos secos) y más de 4000mm (en los páramos húmedos).⁵¹

| MES/ESTACIONES | SOLDADOS | PUCÁN |
|----------------|----------|--------|
| Enero | 77 | 73.16 |
| Febrero | 105.39 | 87.35 |
| Marzo | 104.54 | 112.23 |
| Abril | 101.2 | 107.39 |
| Mayo | 91.01 | 103.81 |
| Junio | 69 | 75.56 |
| Julio | 42.09 | 54.54 |
| Agosto | 33.26 | 40.68 |
| Septiembre | 45.67 | 55.56 |
| Octubre | 69.19 | 68.61 |
| Noviembre | 78.82 | 73 |
| Diciembre | 94.19 | 75.86 |

⁵¹ (Proyecto Páramo Andino, Mayo 2012)

En la **Figura 3-7**, se presenta una gráfica de precipitación promedio mensual de cada estación, que revela un régimen de lluvia unimodal (UM), las estaciones presentan un pico de lluvias entre Febrero y Marzo, con una precipitación promedio de 105.39mm/mes (Soldados) y 112.23mm/mes (Pucán). La temporada seca se da generalmente entre los meses de Julio y Septiembre (ver **Figura 3-7**); con una precipitación media de 40.34mm/mes y 50.26mm/mes, en las estaciones de Soldados y Pucán respectivamente. En conclusión, la distribución de la precipitación a lo largo del año en la zona de estudio, es claramente estacional y las precipitaciones medias anuales se encuentran entre 650 y 1500mm/año.

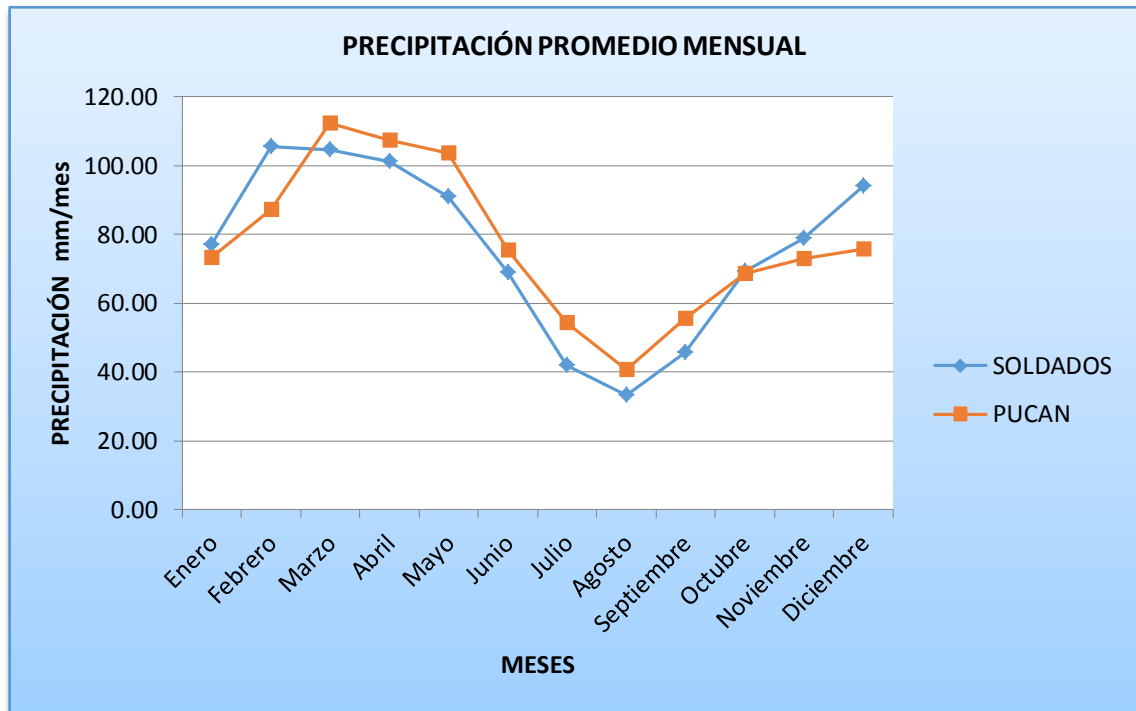


Figura 3-7: Precipitación promedio mensual, Pucán y Soldados, período En. 1998 – Dic. 2014

3.2.5 Población

Tamaño y Estructura

La población en estudio, representa tan solo el 2% del total de habitantes de la parroquia de San Joaquín, con una población de 147 personas permanentes y 55 ocasionales, según la encuesta sanitaria aplicada en el 2014. La mitad de la población son hombres y la otra mitad mujeres; de estos el 42% tiene edad entre 18-65 años. Aproximadamente, cuatro de cada diez habitantes se consideran personas adultas. El 7 % de la población comprende una edad entre 65-100 años y el 50% tiene edad entre 0-18 años. En la **Tabla 3-4**, se presenta esta distribución:

| GRUPOS DE EDAD | HOMBRES | % | MUJERES | % | TOTAL GENETAL | % |
|----------------|---------|-------|---------|-------|---------------|--------|
| 0-18 AÑOS | 37 | 25.17 | 37 | 25.17 | 74 | 50 |
| 18-65 AÑOS | 33 | 22.45 | 29 | 19.73 | 62 | 42 |
| 65-100 AÑOS | 4 | 2.72 | 7 | 4.76 | 11 | 7 |
| TOTAL | 74 | 50.34 | 73 | 49.66 | 147 | 100.00 |

Tabla 3-4: Distribución de la población por grupos de edad, PTAR Soldados

La pirámide poblacional de la **Figura 3-8**, caracteriza a esta comunidad como una población joven, pues el 50% se encuentra en la categoría de menores de edad o iguales a 18 años.

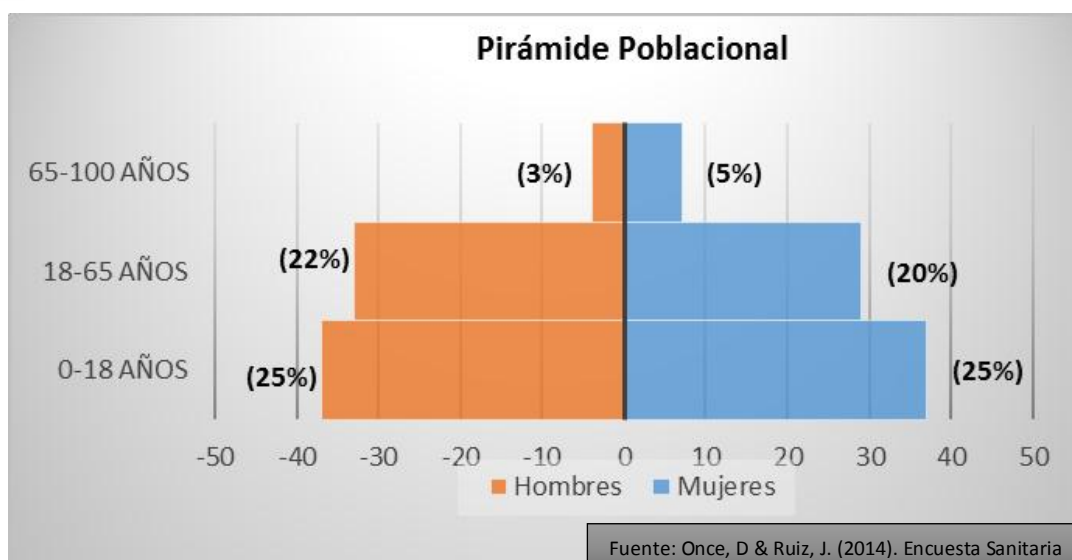


Figura 3-8: Pirámide poblacional, PTAR Soldados

Tamaño del hogar

En Ecuador, existe un importante número de familias extendidas en la zona rural. Conocer la estructura de los hogares tiene importancia para el diseño e implementación de las políticas públicas. En el sector de estudio, se registraron 34 hogares (viviendas); el 24% de ellos, registran 5 miembros, aquellos con 6 o más constituyen el 27% y el 51% de ellos registran menores a cinco miembros. En la **Tabla 3-5 y Figura 3-9**, se presenta esta distribución.

| TAMAÑO DEL HOGAR | Viviendas | % Viviendas |
|------------------|-----------|-------------|
| 1 | 2 | 6 |
| 2 | 5 | 15 |
| 3 | 5 | 15 |
| 4 | 5 | 15 |
| 5 | 8 | 24 |
| 6 | 4 | 12 |
| 7 | 4 | 12 |
| 8 | 1 | 3 |
| TOTAL | 34 | 100 |

Tabla 3-5: Tamaño de hogar, PTAR Soldados

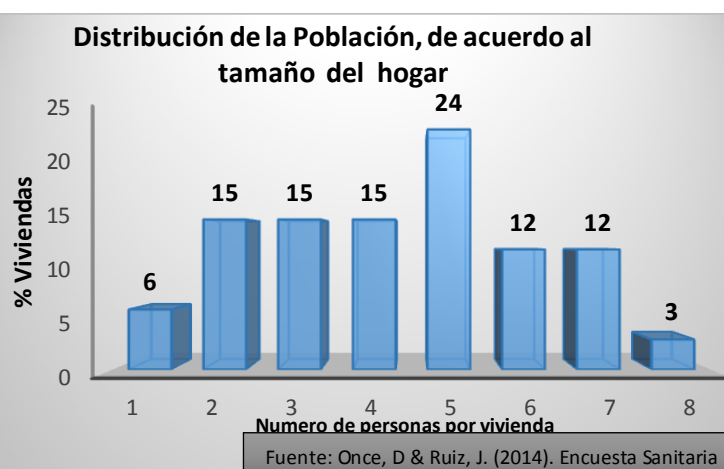


Figura 3-9: Tamaño del hogar, PTAR Soldados

3.2.6 Actividades Económicas

La mayor parte de las personas se dedican principalmente a la producción de leche, el área ganadera abarca tres sectores: Soldados–Tangeo, Soldados–Angas y Soldados–Tenis Golf Club; con una producción de 15.000 litros de leche diarios, que son llevados a las fábricas los Álamos y Nutri Leche que procesan y distribuyen a nivel local y nacional⁵², solo una mínima parte de la población realiza actividades de comercio en el sector.

⁵² (Junta parroquial de San Joaquín, 2010-2014)

3.2.7 Vivienda

Uso de residencia

En Soldados, se identifican dos categorías de viviendas, de acuerdo al uso que se le da por parte de la población: residencial y mixtas. La mayor parte de las viviendas, es decir el 88% (30 viviendas), son de tipo residencial, es decir son espacios físicos en donde las personas viven (comen y duermen); un 12% (4 viviendas) son de tipo mixto, es decir se utilizan como residencia pero también para realizar actividades comerciales, generalmente restaurantes y almacenes de abastos. En la **Figura 3-10** se presenta esta categorización.

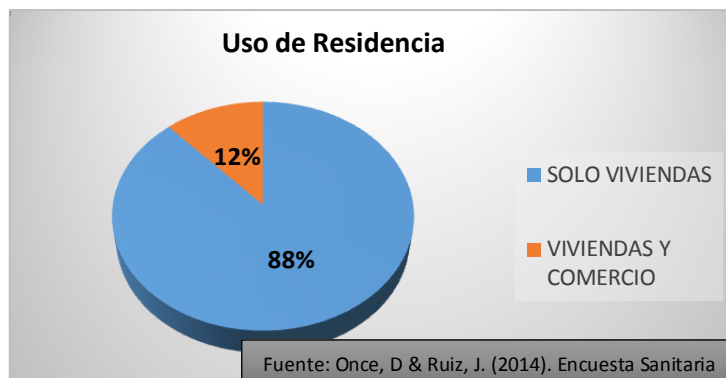


Figura 3-10: Tipo de residencia, PTAR Soldados

Características Físicas de la Vivienda

El material predominante de las viviendas es, en orden ascendente: adobe (62%), bloque (26%), ladrillo (9%) y madera (3%), representados en la **Figura 3-11**. La razón por la que la mayoría de casas son de adobe se debe al bajo costo del material y al nivel económico de la población, así también el costo elevado que representa construir una casa de ladrillo y bloque por la ubicación de la zona, no solo por el valor unitario del material sino por el precio elevado del transporte, debido a la distancia y al mal estado de la carretera.

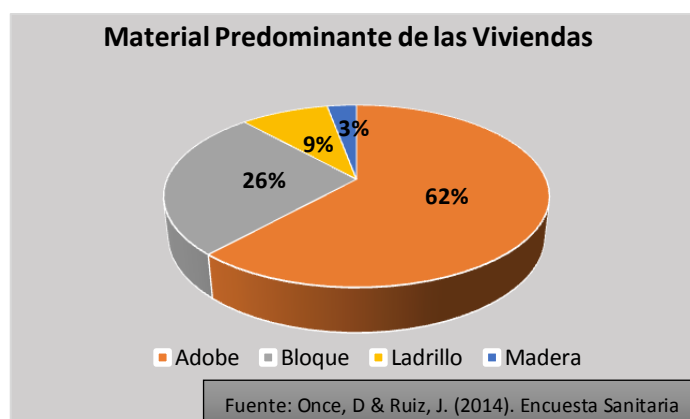


Figura 3-11: Material predominante de las viviendas, PTAR Soldados

Elementos sanitarios en las viviendas

La población dispone de elementos sanitarios en sus viviendas entre los cuales están inodoros, lavamanos, duchas, fregaderos de cocina, tanque o lavador de ropa, el de mayor disponibilidad es el inodoro con 37 elementos presentes en todas las 34 viviendas encuestadas. Y el de menor disponibilidad es el lavamanos ausente en 16 viviendas. Se presenta en la **Tabla 3-6**, **Figura 3-12**, la disponibilidad de estos elementos en las viviendas:

| NUMERO DE ELEMENTOS | NUMERO DE VIVIENDAS QUE DISPONEN DE: | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|-----------|---------------------|-----------|-----------------|-----------|
| | INODOROS | | LAVAMANOS | | DUCHAS | | FREGADERO DE COCINA | | LAVADOR DE ROPA | |
| | TIENEN | NO TIENEN | TIENEN | NO TIENEN | TIENEN | NO TIENEN | TIENEN | NO TIENEN | TIENEN | NO TIENEN |
| 1 | 26 | 3 | 16 | 16 | 24 | 10 | 26 | 6 | 24 | 9 |
| 2 | 4 | | 1 | | 0 | | 2 | | 1 | |
| 3 | 1 | | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| TOTAL DE ELEMENTOS | 37 | | 21 | | 24 | | 30 | | 26 | |

Tabla 3-6: Elementos Sanitarios, PTAR Soldados

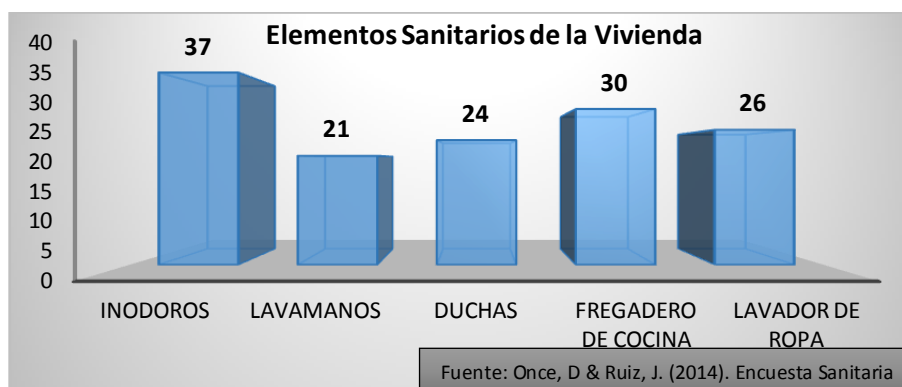


Figura 3-12: Elementos sanitarios, PTAR Soldados

3.2.8 Servicios Públicos

Vialidad

La vía de acceso a la comunidad de Soldados es un camino interprovincial que conecta la ciudad de Cuenca con la Costa, además sirve de acceso al parque nacional Cajas, llamada vía “San Joaquín-Soldados”. Está carretera sinuosa es de lastre con un ancho estimado de 6m, y una longitud aproximada de 30Km desde Cuenca hasta la comunidad, el mantenimiento es poco frecuente por lo que se torna una camino en mal estado para el tráfico vehicular, especialmente en épocas lluviosas. Soldados es una comunidad con escasa población por lo que no cuenta con áreas manzaneadas ni con vías internas, por lo que las viviendas se encuentran asentadas al borde de la vía.

Medios de Transporte

El tráfico vehicular está conformado por buses inter-parroquiales, camiones y vehículos livianos particulares, debido a que es una zona ganadera, la densidad del tráfico es muy baja. La empresa que presta el servicio de transporte es “Transporte Occidental”, con dos turnos diarios en la mañana y en la tarde. Así también, existen camionetas que prestan el servicio de transporte beneficiando a los moradores del sector.

Medios de Comunicación

La parroquia cuenta con telefonía fija proporcionada por ETAPA EP, la mayoría de la población cuenta con este servicio que les permite comunicarse dentro y fuera de la comunidad, debido a que es el único medio de comunicación ya que las telefonías móviles carecen de cobertura en el sector.

Educación

La comunidad cuenta con un centro educativo llamada escuela fiscal mixta “José Gorelik”, con un total de 64 alumnos y 3 maestros, la institución dispone de niveles desde primer hasta octavo año de educación básica, para el futuro se extenderá hasta el décimo año. Se encuentra ubicada en el centro de la comunidad y cuenta con todos los servicios básicos para el bienestar de los



estudiantes. Para cursar el bachillerato los estudiantes viajan a los colegios de la ciudad de Cuenca.

Disposición de Desechos Sólidos

Son recolectados por la empresa municipal de aseo de Cuenca (EMAC EP), que recorre por el sector dos veces a la semana, los días lunes y viernes, en una ruta que comprende la ciudad de Cuenca, la comunidad de Soldados y la parroquia de Chaucha.

Energía Eléctrica

La dotación de energía eléctrica está a cargo de la Empresa Eléctrica Centro Sur, el centro parroquial dispone de este servicio y es exclusivamente de uso doméstico, además la comunidad dispone alumbrado público en la parte central.

3.2.9 Sistema de Riego

El sector dispone de pequeños sistemas de riego para las zonas ganaderas del lugar. Los cultivos propios de los moradores son escasos y no van más allá del auto consumo, en épocas pasadas intentaron dedicarse a la agricultura sin embargo la severidad del clima no permitió su desarrollo. El sistema se alimenta de las aguas de las quebradas que abastecen el río Yanuncay que descienden por zanjas y acequias, para posteriormente ser distribuidas en el campo con un sistema de riego a presión.

El agua procedente de riego de los terrenos aledaños a la PTAR, ingresan por las zonas bajas inundando el lugar en el que se encuentran los pozos de paso, especialmente en temporada de alta precipitación, esta agua ingresa directamente por las tapas, afectando el proceso de depuración. Como se puede observar en el **Anexo 6**.

3.2.10 Infraestructura Sanitaria

Los componentes y problemas del saneamiento ambiental, están íntimamente ligados al crecimiento y desarrollo de los centros poblados. La realización de obras tales como: aprovisionamiento de agua potable, recolección, transporte y disposición de aguas residuales y excretas, manejo de residuos sólidos entre otros, fueron y siguen siendo una de las principales preocupaciones de Salud Pública en el Ecuador.⁵³ El agua potable o apta para el consumo, es una de las razones más importantes para reducir las enfermedades intestinales y parasitarias. La medida no se refiere a la calidad del servicio ya que no toma en cuenta la cantidad y composición químico-biológica del agua, ni el horario de abastecimiento. Sin embargo, proporciona, de manera aproximada, una indicación sobre las condiciones del agua que llega a la vivienda.

3.2.10.1 Sistema de Abastecimiento de Agua

El agua para consumo de la comunidad Soldados se obtiene de las vertientes que alimenta la laguna de Chusalongo, la cual pasa por 2 pequeños tanques sedimentadores, con una reja de entrada, para posteriormente ser transportada en una tubería de PVC de ϕ 60mm a un tanque de almacenamiento, del cual se distribuye a la población en tuberías de PVC de ϕ 32 y 25mm.

⁵³ (Proyecto de Saneamiento para la comunidad de las Palmas, Cantón Pucará)

Administración del Servicio

El sistema de agua fue construido por ETAPA EP y CARE INTERNACIONAL a inicios de la década de los 90, proyectada para un período de diseño de 25 años, el sistema está completamente a cargo de la comunidad, los moradores contribuyen con un dólar mensual para reparaciones y mantenimiento, independientemente de la cantidad que consuman, la gran mayoría de la población no dispone de medidores, los pocos que existen se encuentran fuera de funcionamiento. El mantenimiento está a cargo del Sr Orlando Bravo desde el inicio de su operación (1990).

Estado Actual

En la actualidad, el agua no es desinfectada. En este punto, es necesario aclarar un detalle, donde se manifiesta que se tiene agua potable, se trata más bien de agua entubada, debido a que los procesos de potabilización del agua, ya no se los realiza, la población además manifiesta que el agua contiene sólidos suspendidos en época lluviosa.

Conectados al Sistema de Agua

El 94% (32 viviendas) de las viviendas están conectadas al sistema y el 6% (2 viviendas) no está conectado, pero disponen de su propia fuente de agua. En la *Tabla 3-7*, *Figura 3-13*, se presenta esta distribución.

| SISTEMA DE AGUA | VIVIENDAS | % VIVIENDA |
|-----------------|-----------|------------|
| SI | 32 | 94 |
| NO | 2 | 6 |
| TOTAL | 34 | 100 |

Tabla 3-7: Sistema de agua. Soldados

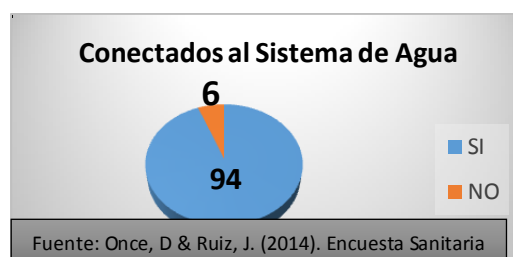


Figura 3-13: Conectados al Sistema de Agua, PTAR Soldados

Conformidad con el servicio de agua

En Soldados, el 88% (30 viviendas) de la población en estudio, se siente satisfecha con la cantidad de agua que le es proporcionada, y solo el 12% (4 viviendas) se siente inconforme con la cantidad de agua recibida. De la misma manera el 41% (14 viviendas) manifiesta que el agua recibida es óptima para el consumo, el 59% (20 viviendas) expone que el agua presenta problemas tanto de color como de sustancias suspendidas. Sobre la continuidad, el 82% (28 viviendas) manifiestan que el servicio es constante, mientras que el 18% (6 viviendas) comenta que el servicio se interrumpe en época de verano. En la *Figura 3-14*, se puede apreciar esta distribución.

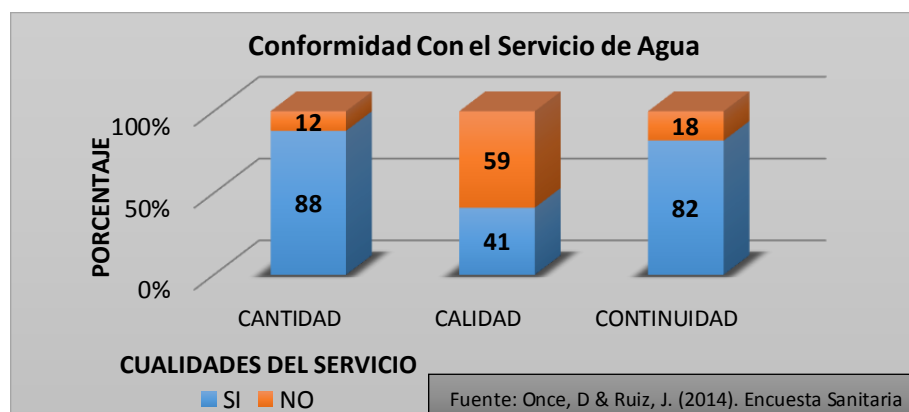


Figura 3-14: Conformidad con el servicio de agua, PTAR Soldados

Costumbres y hábitos de usuario con el servicio de agua

El uso del agua que le dan los pobladores es muy importante para poder estimar la dotación de agua que dispone el sector, debido a que no cuenta con ningún tipo de registro. Soldados, es una población en donde el 24% de agua es usada para cocinar, el 21% es usado para aseo personal, 21% es usado para descargas del inodoro, 16% es usado para aseo del hogar, 15% es usado para lavar la ropa y solo el 3% es usado en limpieza y lavado de vehículos, cabe recalcar que esta población es netamente ganadera y solo el 10% dispone de vehículo⁵⁴. En la **Figura 3-15**, se presenta esta distribución.

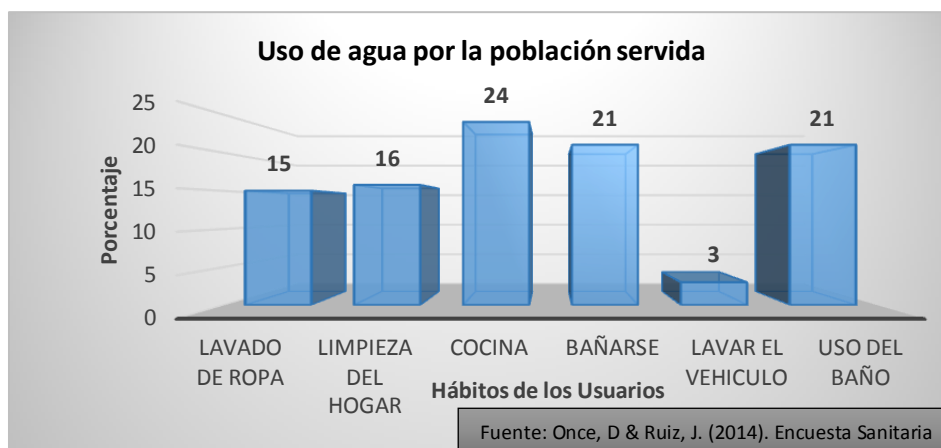


Figura 3-15: Costumbres y hábitos de los Usuarios, PTAR Soldados

3.2.10.2 Sistema de Alcantarillado

La eliminación de excretas y desechos en forma higiénica, es necesaria para asegurar un ambiente saludable y proteger a la población de enfermedades hídricas. La falta de condiciones sanitarias para la eliminación de excretas favorece la proliferación de insectos y ratas, así como la transmisión de agentes infecciosos. El servicio de alcantarillado sanitario, es el medio masivo más efectivo para la eliminación de excretas y aguas servidas. Este indicador refleja por un lado la calidad la vivienda y por otro, el acceso de la población a un servicio básico.⁵⁵

El sistema de alcantarillado de Soldados está concebido como una red convencional, es decir es una red que conduce las aguas residuales domésticas, provenientes de las viviendas conectadas al sistema, tiene una longitud aproximada de 2.5km, con diámetros de tuberías que van desde 110mm en las conexiones domiciliarias a 200mm en los interceptores, y su pendientes varían dependiendo de la topografía del lugar, el sistema está constituido por tuberías de PVC, que se conectan mediante pozos de revisión ubicados en el margen de la vía.

Conectados a la Red de Alcantarillado

En Soldados, el 94% de la población en estudio dispone de conexión a la red de alcantarillado sanitario que dispone la comunidad, es decir 32 viviendas; el 6 % de viviendas, registradas no están conectadas, es decir 2 viviendas, pero cuentan pozos sépticos para la disposición de las aguas residuales. En la **Tabla 3-8, Figura 3-16**, se presenta esta distribución.

⁵⁴ Encuesta Sanitaria, 2014

⁵⁵ (Proyecto de Saneamiento para la comunidad de las Palmas, Cantón Pucará)

| SISTEMA DE ALCANTARILLADO | VIVIENDAS | % VIVIENDA |
|---------------------------|-----------|------------|
| SI | 32 | 94 |
| NO | 2 | 6 |
| TOTAL | 34 | 100 |

Tabla 3-8 : Sistema de alcantarillado, Soldados

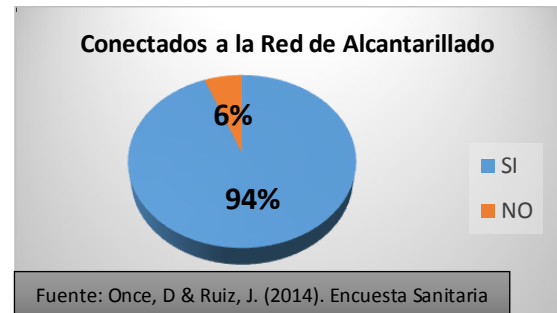


Figura 3-16: Conectados a la red de alcantarillado, PTAR Soldados

Conexiones ilícitas a la Red de Alcantarillado

No se ha registrado ninguna conexión ilícita desde las viviendas a las redes de alcantarillado, debido a que el 91% no cuenta con canales de cubierta para la recolección de aguas lluvias, y solo el 9% dispone de canales de cubierta, pero el agua es descargada directamente en el campo, sin ninguna conexión a la red. El 97% no tiene troneras en el patio, y solo el 3% dispone de algún desagüe de patio que son descargados en el campo o zanjas.

3.2.10.3 Tratamiento de Aguas Residuales

En Soldados, los motivos de la construcción de la PTAR fue evitar la contaminación del río Yanuncay con aguas residuales domésticas provenientes de la comunidad, además realizar un tratamiento secundario disminuyendo la concentración de contaminantes que son descargados a la fuente que se abastece aguas abajo, la planta de tratamiento de agua potable de Sustag. Esta planta en su proceso de tratamiento está comprendida por una fosa séptica y un humedal artificial. En los siguientes capítulos se realizará una evaluación completa.

3.3 PTAR Churuguzo

La planta de depuración de aguas residuales recibe el nombre de “Churuguzo”, debido a su localización en dicho sector. La misma que tiene un área de cobertura que comprende los sectores de: Churuguzo, centro parroquial de Victoria del Portete y Mataquillcana.

3.3.1 Ubicación e Identificación de la Planta

La PTAR a evaluar se encuentra en el sector rural del cantón Cuenca, en la parroquia Victoria del Portete en el sector Churuguzo que se está ubicado a 22Km al Sur Oeste de la ciudad de Cuenca, en la Panamericana Sur en las coordenadas latitud: 3°3'8.85"S, longitud: 79°3'37.94"O, Altura: 2643 m.s.n.m., (Figura 3-17).



Figura 3-17: Ubicación de la PTAR Churuguzo

3.3.2 Información General del Área de Influencia

El sector Churuguzo, pertenece a la parroquia rural Victoria del Portete, cantón Cuenca, provincia del Azuay, fue fundada el 4 de Septiembre de 1944, su nombre se debe a la famosa Batalla del 27 de febrero de 1829, que culminó con el triunfo del ejército del Gral. Antonio José de Sucre. Está conformada por un total de 17 comunidades. Victoria del Portete, es conocida también como “Iquis” debido a sus abundantes páramos como: Kimsakocha y Sombrereras y sus parques naturales que forman parte del páramo andino. Victoria del Portete, tiene una población semi-dispersa de 5251 habitantes, según el censo del 2010 realizado por el INEC.

En la actualidad, el presidente de la Junta Parroquial es el Sr. Darío Novillo, que con la colaboración de instituciones públicas y privadas, trabaja para el beneficio y desarrollo de la parroquia.

3.3.3 Descripción del Área de Estudio

El área de estudio para esta planta se delimitó considerando el trazado de la red de alcantarillado sanitario que dispone el lugar, englobando tres sectores Churuguzo, Centro Parroquial de Victoria del Portete y Mataquillcana los que se pueden apreciar en la **Figura 3-18**.

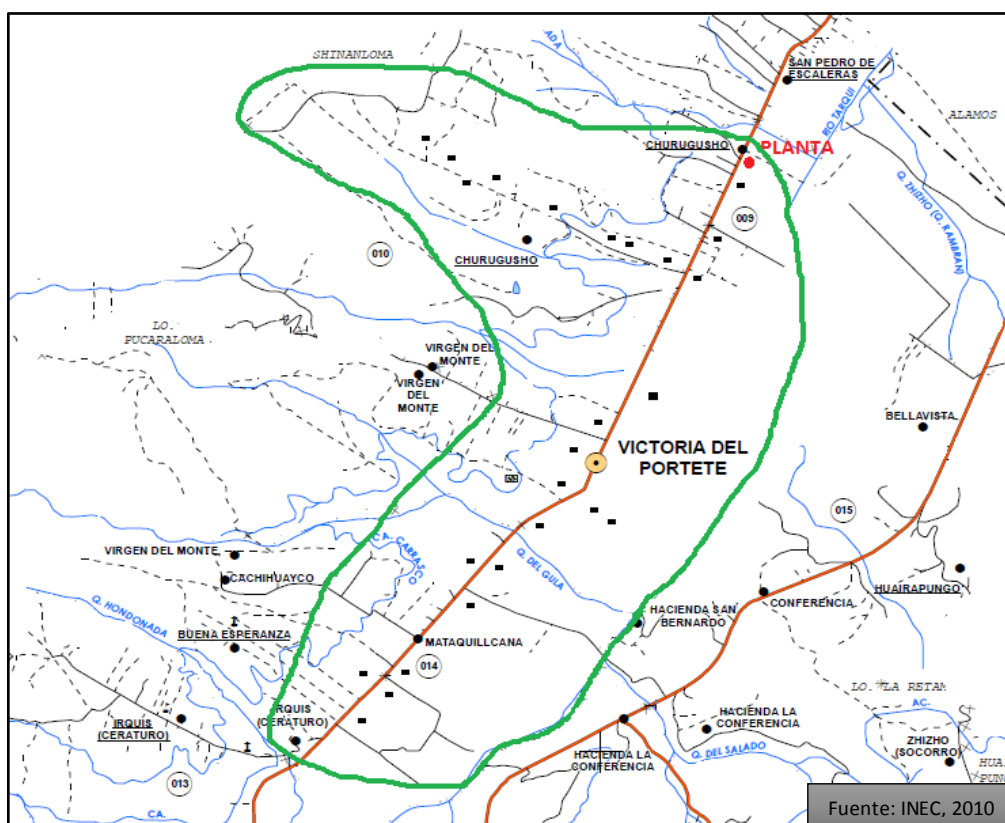


Figura 3-18: Delimitación del área de estudio de la PTAR Churuguzo

Esta área de influencia comprende un total de 157 viviendas, de las cuales 10 casas no están habitadas pero son usadas ocasionalmente debido a que disponen de terreno para la agricultura y crianza de ganado, 3 son villas vacacionales dando un total de 144 viviendas encuestadas. De este total comprenden la casa comunal, El Sub-centro de Salud, la escuela y la iglesia Central. La encuesta se lo realizó entre el 8 al 12 de Mayo 2014.

3.3.4 Medio Abiótico

3.3.4.1 Topografía

La topografía en la que se encuentra la zona poblada de la parroquia, no cuenta con accidentes geográficos notables, debido a que se encuentra en el valle denominado Llanura del Tarqui, el río Tarqui es quien riega estas tierras que son aprovechadas para la cría de ganado y agricultura local; la zona alta de la parroquia está a 3880m.s.n.m., mientras que la parte baja está a 2640m.s.n.m., el sector de Churuguzo se encuentra a 2643m.s.n.m. y las principales lomas del sector son: Shullin (2860m.s.n.m.), Shinan (2930m.s.n.m.), Condorcaca (3000m.s.n.m.) y Escaleras (2860m.s.n.m.) que se encuentran paralela a la vía de acceso a la parroquia Victoria del Portete como se puede ver en la **Figura 3-19**.

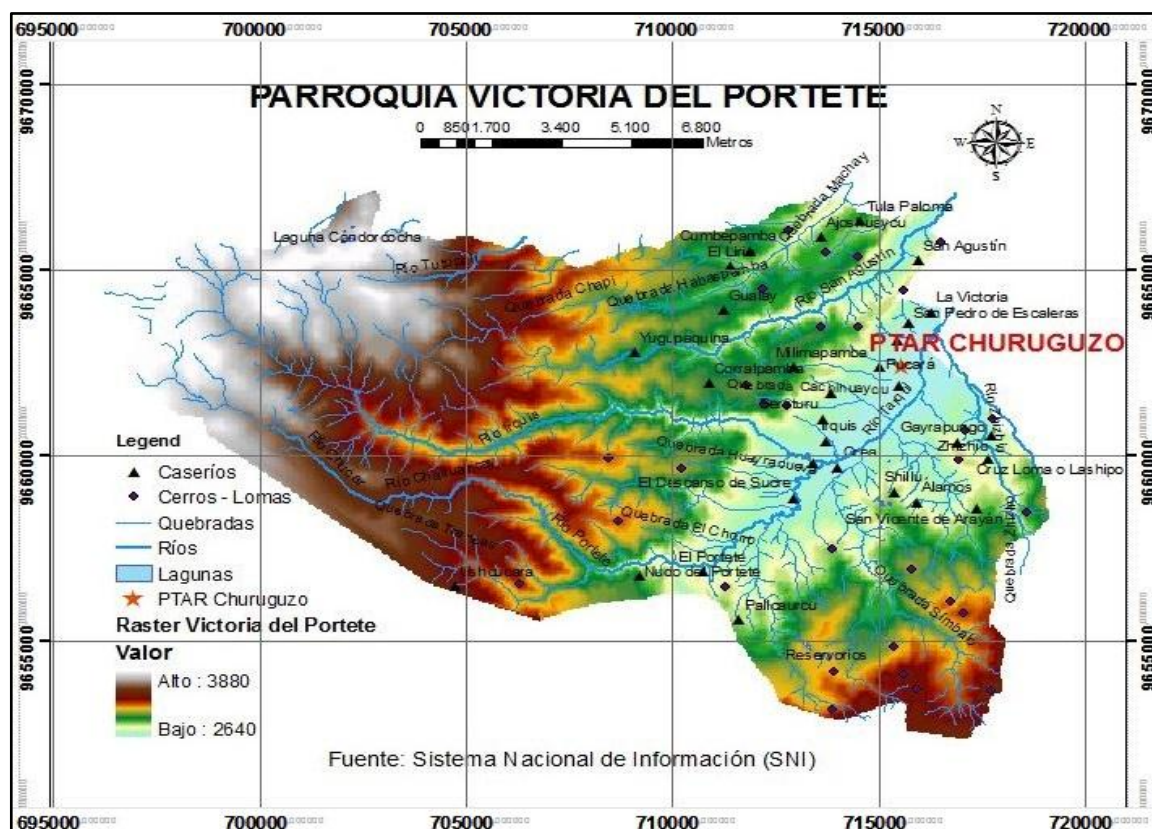


Figura 3-19: Mapa Topográfico de la Parroquia Victoria del Portete

Geológicamente, el suelo está conformado por areniscas, conglomerados, tobas, riolitas y andesitas pertenecientes a la formación Turi (PTu) y Tarqui (PT), así también depósitos aluviales dejados por el río Tarqui, que son materiales aptos para la construcción, cabe recalcar que el valle es propenso a inundaciones, debido a su baja pendiente que reduce su capacidad de drenaje natural de las aguas lluvia, esto sucede en el área que comprende la red de alcantarillado.

3.3.4.2 Hidrografía

La cuenca hidrológica del río Tarqui está conformada por 8 micro cuencas, de afluentes que se forman al unirse las diferentes quebradas, se origina en el sector de Quinahuaycu a 3920m.s.n.m. como el río Chucar el cual se une con el Portete en el sector de Criaguagua y toma el nombre de este último, en la zona plana del valle de Tarqui se une al río Irquis, conservando aún su nombre, en el David Once – Johnny Ruiz

sector de Churuguzo se une con el río Zhizhio, tomando el nombre definitivo de Tarqui, al cual llegan los ríos Cumbe en el sector La Victoria, San Agustín en el sector de Atueloma, Shucay en el sector de Shucay y Narancay en el sector de Narancay bajo, de la misma manera existen quebradas que llegan al río directamente, las más importantes son: El Salado, Chapar, Sayahuaycu, Paccha, San Capac, Tres Marias y Zhucay. Las mismas que son de poca profundidad y su caudal es variable dependiendo de la estación. La cuenca Hidrológica del río Tarqui, está constituida por dos tipos de ríos de montaña (alta pendiente) y ríos de valle (baja pendiente). Esta cuenca comprende un área de 47630ha aproximadamente, que va desde el sector de Quinuahuaycu a 3920m.s.n.m. en su origen, hasta la unión con el río Yanuncay a 2520m.s.n.m. en el sector de Asunción en la ciudad de Cuenca, esta cuenca hidrológica se puede observar claramente en la **Figura 3-20**.

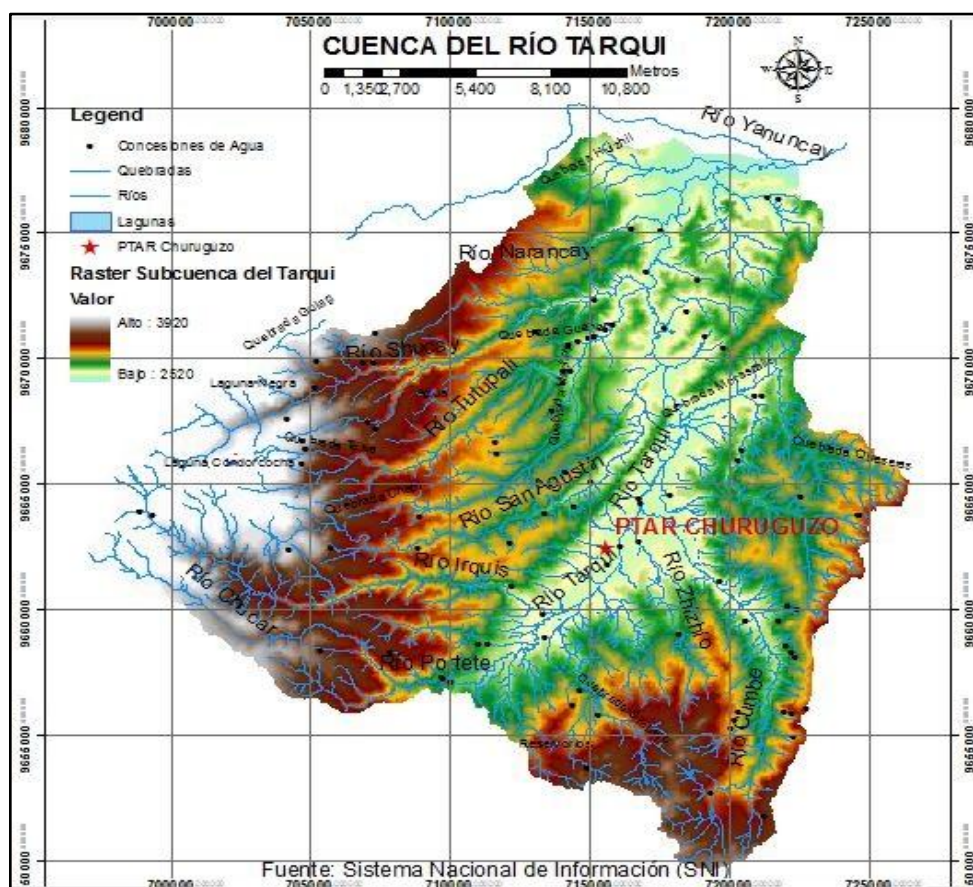


Figura 3-20: Cuenca del Río Tarqui

3.3.4.3 Clima

El clima en la parroquia Victoria del Portete, es muy variado ya sea por sus diferentes altitudes o por lo variado de una zona andina que es su característica particular. En la región en donde se encuentra la PTAR en estudio, el clima es muy húmedo, las precipitaciones se encuentran entre 1500 y 2000mm/año tiene una temperatura que varía entre los 12 y 18°C, dándonos una temperatura media de 15°C.⁵⁶

Las estaciones más cercanas la zona de estudio son: Portete y Cumbe, cuya información meteorológica se presenta en la **Tabla 3-9**.

⁵⁶ (Proyecto FUNDACYT - Universidad de Cuenca)

| MES/ESTACIONES | PORTETE | CUMBE |
|----------------|---------|--------|
| Enero | 107.28 | 54.42 |
| Febrero | 143.97 | 68.32 |
| Marzo | 162.3 | 111.69 |
| Abril | 155.81 | 109.06 |
| Mayo | 94.06 | 95.28 |
| Junio | 73.35 | 58.51 |
| Julio | 50.56 | 33.25 |
| Agosto | 30.44 | 21.76 |
| Septiembre | 48.16 | 50.93 |
| Octubre | 58.44 | 69.39 |
| Noviembre | 78.88 | 71.91 |
| Diciembre | 108.04 | 71.25 |

Tabla 3-9: Datos de Precipitación Promedio Mensual, Portete y Cumbe, período En. 1998 – Dic. 2013 (ETAPA EP, 2014)

En la **Figura 3-21**, se presenta la precipitación promedio mensual de cada estación, que revela un régimen de lluvia unimodal (UM), las estaciones presentan un pico de lluvias entre Marzo y Abril con una precipitación promedio de 162.30 y 155.81 mm/mes en la estación Portete. Mientras que la temporada seca se presenta entre los meses de Julio y Septiembre una precipitación promedio de 35.31 mm/mes según la estación Cumbe y 43.05 mm/mes en Portete. La distribución de precipitación a lo largo de año es claramente estacional.

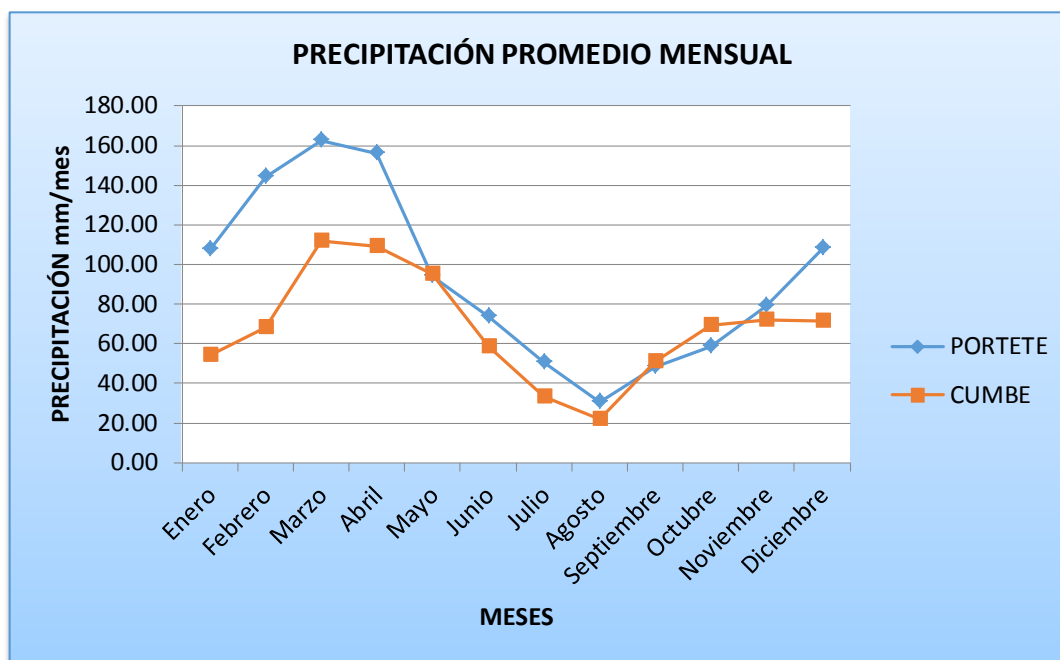


Figura 3-21: Precipitación promedio mensual, Portete y Cumbe, período En. 1998 – Dic. 2014

Se diferencian dos estaciones al igual que en el resto del país, invierno y verano. El invierno está caracterizado por lluvias constantes, las cuales son favorables para la ganadería y la agricultura. Sin embargo, en algunas ocasiones se presentan abundantes precipitaciones que pueden provocar inundaciones y por lo tanto la pérdida de cultivos. Cabe mencionar que la zona en que se encuentra la PTAR Churuguzo es propensa a inundaciones, este problema se da generalmente entre los meses de abril y mayo de cada año, generando el colapso de la planta (**Anexo 2**). El verano se caracteriza por vientos fríos provenientes del sur, principalmente en los meses de Julio, Agosto y Septiembre.

3.3.5 Población

Tamaño y Estructura

La población en estudio, representa un 13% del total de habitantes de la parroquia Victoria del Portete, se caracteriza por ser una población joven, pues el 44% se encuentra en la categoría de edad menores a 18 años. Cuenta con una población de 669 personas permanentes y 219 ocasionales, según la encuesta sanitaria aplicada en el 2014. El 51% son hombres y el 49% son mujeres y de estos el 39% tiene edad entre 18-65 años. Aproximadamente, cuatro de cada diez habitantes se consideran personas adultas. El 18% de la población comprende una edad entre 65-100 años considerada de la tercera edad y el 44% tiene edad entre 0-18 años. En **Tabla 3-10**, se presenta esta distribución:

| GRUPOS DE EDAD | HOMBRES | % | MUJERES | % | TOTAL GENERAL | % |
|----------------|---------|-------|---------|-------|---------------|--------|
| 0-18 AÑOS | 165 | 23.61 | 140 | 20.03 | 305 | 44 |
| 18-65 AÑOS | 133 | 19.03 | 137 | 19.60 | 270 | 39 |
| 65-100 AÑOS | 58 | 8.30 | 66 | 9.44 | 124 | 18 |
| TOTAL | 356 | 50.93 | 343 | 49.07 | 699 | 100.00 |

Tabla 3-10: Distribución de la población por grupos de edad, Churuguzo, Victoria del Portete

La pirámide poblacional (**Figura 3-22**), muestra una mayor cantidad de niños que de niñas, la población adulta no tiene una diferencia notable, en cambio en la población de tercera edad existe más mujeres que hombres.

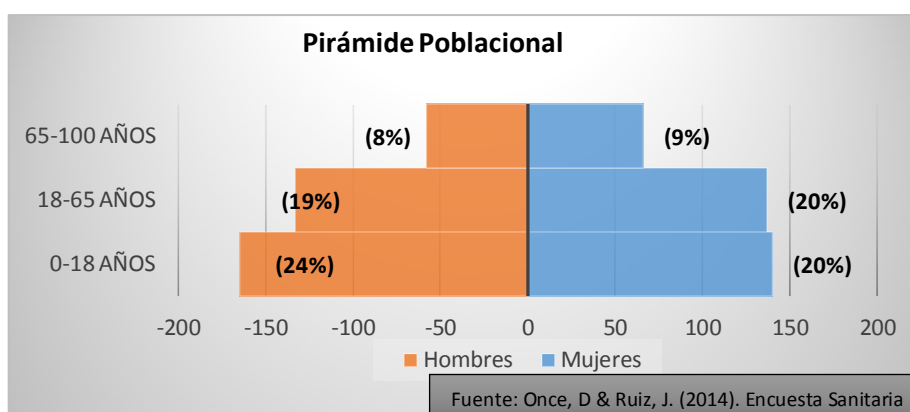


Figura 3-22: Pirámide poblacional, PTAR Churuguzo

Tamaño del hogar

En el sector de estudio, se registraron 140 hogares (viviendas); el 35% de ellos, registran 4 a 5 miembros, aquellos con 6 o más constituyen el 34% y el 31% de ellos registran menores a cuatro miembros. En la **Tabla 3-11**, **Figura 3-26**, se presenta esta distribución.

| TAMAÑO DEL HOGAR | Viviendas | % Viviendas |
|------------------|-----------|-------------|
| 1 | 3 | 2 |
| 2 | 21 | 15 |
| 3 | 18 | 13 |
| 4 | 23 | 16 |
| 5 | 27 | 19 |
| 6 | 12 | 9 |
| 7 | 13 | 9 |
| 8 | 10 | 7 |
| 9 | 4 | 3 |
| 10 | 6 | 4 |
| 11 | 1 | 1 |
| 12 | 2 | 1 |
| TOTAL | 140 | 100 |

Tabla 3-11: Tamaño del hogar, Churuguzo

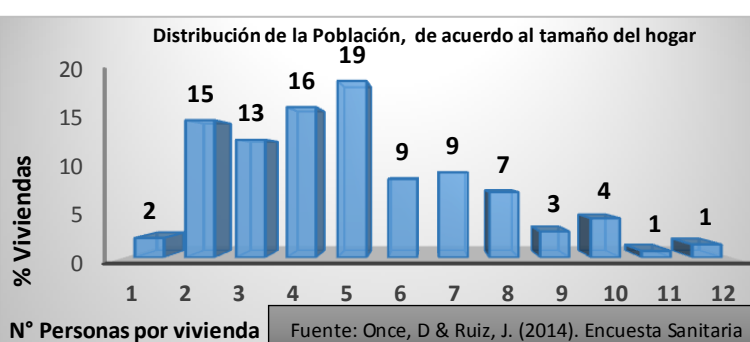


Figura 3-23: Tamaño del Hogar, PTAR Churuguzo

3.3.6 Actividades Económicas

La actividad productiva relevante de la parroquia es la ganadería, destacada por la producción 200.000 litros de leche diarios que son enviados hacia la ciudad de Cuenca y Guayaquil, también es productora de maíz, papas, frejol, ocas y de otros productos agrícolas locales.⁵⁷

3.3.7 Vivienda

Uso de residencia

En Victoria del Portete, se identifican tres categorías de viviendas, de acuerdo al uso que se les da por parte de la población: residencial, comercial, otros. La mayor parte de las viviendas, es decir el 89%, son viviendas de tipo residencial, un 8% de viviendas son de tipo mixto y un 3% de viviendas, muy poco significativo se utiliza solamente para el comercio u otras categorías. En la **Figura 3-24**, se presenta esta categorización.

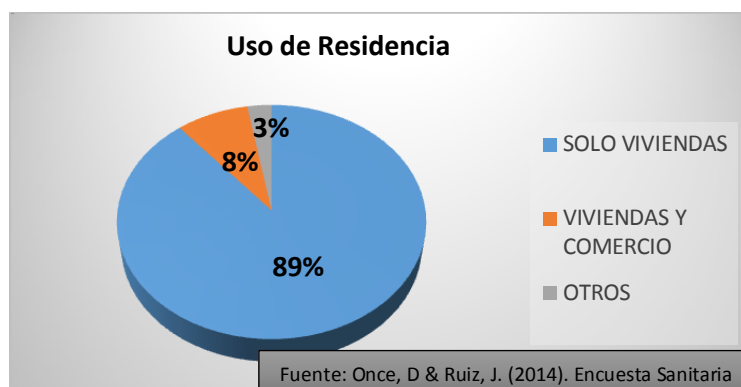


Figura 3-24: Tipo de residencia, PTAR Churuguzo

Características Físicas de la Vivienda

El material predominante de las viviendas es, en orden ascendente: ladrillo (37%), bloque (34%), adobe (24%) y madera (5%), representados en la **Figura 3-25**.

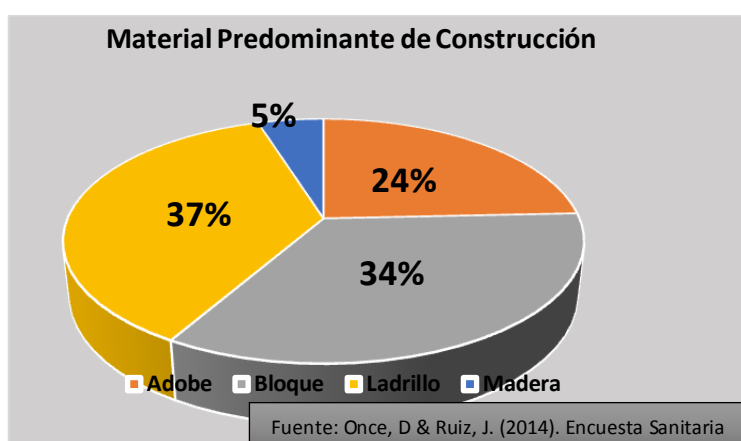


Figura 3-25: Material predominante de las viviendas, PTAR Churuguzo

Elementos sanitarios en las viviendas

La población dispone de elementos sanitarios en sus viviendas entre los cuales están inodoros, lavamanos, duchas, fregaderos de cocina, tanque o lavadoras de ropa automáticas, el de mayor disponibilidad es el inodoro con 208 elementos,

⁵⁷ (Junta parroquial de Victoria del Portete, 2010-2014)

presente en todas las 144 viviendas encuestadas. Se presenta la **Tabla 3-12, Figura 3-26**, con la disponibilidad de estos elementos en las viviendas:

| NUMERO DE ELEMENTOS | NUMERO DE VIVIENDAS QUE DISPONEN DE: | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|-----------|---------------------|-----------|-----------------|-----------|
| | INODOROS | | LAVAMANOS | | DUCHAS | | FREGADERO DE COCINA | | LAVADOR DE ROPA | |
| | TIENEN | NO TIENEN | TIENEN | NO TIENEN | TIENEN | NO TIENEN | TIENEN | NO TIENEN | TIENEN | NO TIENEN |
| 1 | 100 | 0 | 108 | 1 | 116 | 3 | 111 | 4 | 133 | 3 |
| 2 | 26 | | 18 | | 23 | | 28 | | 6 | |
| 3 | 16 | | 16 | | 2 | | 1 | | 2 | |
| 4 | 2 | | 1 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| TOTAL DE ELEMENTOS | 208 | | 196 | | 168 | | 170 | | 151 | |

Tabla 3-12: Elementos Sanitarios, PTAR Churuguzo

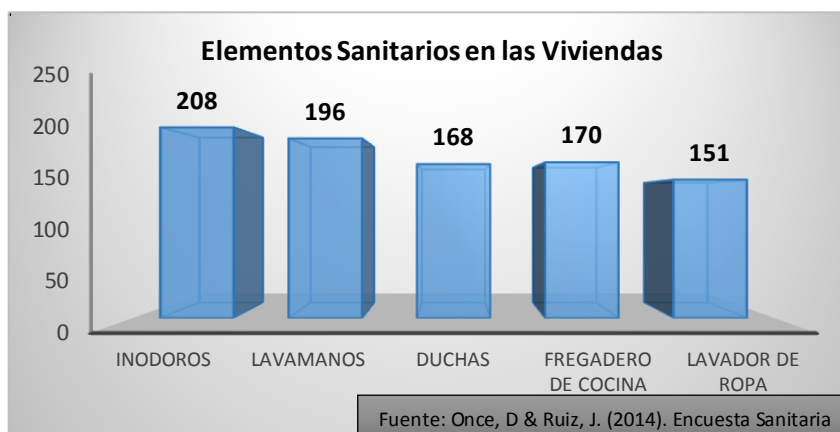


Figura 3-26: Elementos sanitarios, PTAR Churuguzo

3.3.8 Servicios Públicos

Vialidad

La vía que sirve a la población del sector Churuguzo, centro parroquial de Victoria del Portete y Mataquillcana, es llamada “La Victoria” y está constituida de pavimento flexible con un ancho de 7.20m, esta vía se conecta con la “Panamericana Sur” en el sector Tarqui, la parroquia dispone de una red vial interna que está construida por vías de tercer orden, de lastre con un ancho promedio de 6m, mismas que se encuentran en mal estado.

Medios de Transporte

El tráfico vehicular está conformado por buses inter-cantonales e inter-parroquiales, camiones de carga pesada y vehículos livianos particulares, ya que la vía sirve de conexión a la parroquia con el resto de la provincia. La empresa de transporte masivo que sirve el lugar es “Transporte Occidental”, así también existen camionetas que prestan su servicio, beneficiando la movilidad de los moradores.

Medios de Comunicación

La parroquia cuenta con telefonía fija proporcionada por ETAPA EP, que les permite comunicarse dentro y fuera del sector, así también operan las telefonías móviles, existe señal de televisión y estaciones de radio.

Educación

Con relación a la educación, el área de estudio dispone de un centro de desarrollo infantil “Creciendo con nuestros hijos” (CNH), una escuela fiscal mixta Unidad Educativa Victoria del Portete con un total de 501 alumnos y 33 maestros, en la institución trabajan a doble jornada, en la mañana en nivel básico y en la tarde el



bachillerato. Se encuentra en construcción una escuela educativa del milenio, ubicada en el centro parroquial.

Disposición de Desechos Sólidos

La recolección de desechos sólidos está a cargo de la EMAC EP, que recorre por el sector dos veces a la semana los días martes y viernes.

Energía Eléctrica

La dotación de energía eléctrica está a cargo de la Empresa Eléctrica Centro Sur, y todas las viviendas disponen de este servicio, además existe alumbrado público en la vía principal de acceso al centro parroquial Victoria del Portete.

3.3.9 Sistema de Riego

Disponen de sistemas de riego a presión e inundación en las zonas bajas cercanas al río Tarqui, cerca de la planta se riega por inundación, con cultivos de pasto para la alimentación del ganado. Los cultivos para consumo local representan un mínimo porcentaje en comparación a los pastizales. En lo referente a la PTAR Churuguzo, se tiene un fuerte ingreso de excedentes proveniente de agua de riego y de drenaje de potreros, que causa un caudal elevado en la circulación de los colectores y en el ingreso a la planta, produciéndose alteración notable en los procesos biológicos.

3.3.10 Infraestructura Sanitaria

3.3.10.1 Sistema de Abastecimiento de Agua

El agua para consumo del área de contribución de la parroquia Victoria del Portete, se obtiene de sistemas que captan el agua de las zonas altas de montaña. Ciertos sectores cuentan con medidores que se encuentran en desuso. En otros sectores, el servicio es nulo, abasteciéndose de quebradas mediante agua entubada sin ningún tipo de tratamiento, el centro parroquial dispone de la red pública, sin embargo manifiesta su inconformidad del servicio y la calidad del mismo.

Administración del Servicio

El área de estudio es delimitada por la red de alcantarillado se abastece por dos sistemas de agua potable: Tarqui–Victoria brindado por ETAPA EP, y Pucaraloma–Buena Esperanza a cargo de la comunidad; estos sistemas tienen una antigüedad de 30 años y ya presentan problemas en su infraestructura. La tarifa mínima que pagan los pobladores por el servicio es de 2 dólares los 15m³.

Estado Actual

El estado de la situación del servicio de agua potable en el sector rural de Victoria del Portete, es deficiente según la opinión generalizada de sus moradores, muchos y muy variados son los aspectos que la población destaca para caracterizar su problemática, manifestando hasta la presencia de larvas en el agua recibida.

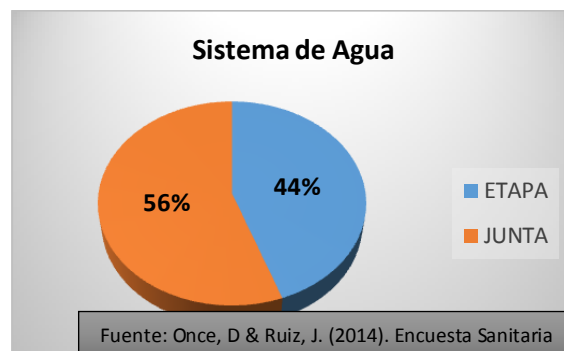
Conectados al Sistema de Agua

La población en estudio se encuentra abastecida por dos sistemas de agua, el sistema Tarqui–Victoria a cargo de la empresa ETAPA EP, abasteciendo al sector Churuguzo y centro parroquial de Victoria, que representan un 44% (64 viviendas)

de la población servida; este sistema cuenta con procesos de tratamiento del agua, el segundo sistema Pucaraloma–Buena Esperanza a cargo de la junta parroquial, abastece el sector de Mataquillcana e Irquis que representa un 56% (80 viviendas) de la población, este sistema solo dispone de agua entubada que es extraída de la parte alta de Irquis, generando inconformidad a los usuarios por la falta de tratamiento. Toda la población en estudio dispone de agua. En la **Tabla 3-13**, **Figura 3-30**, se presenta esta distribución.

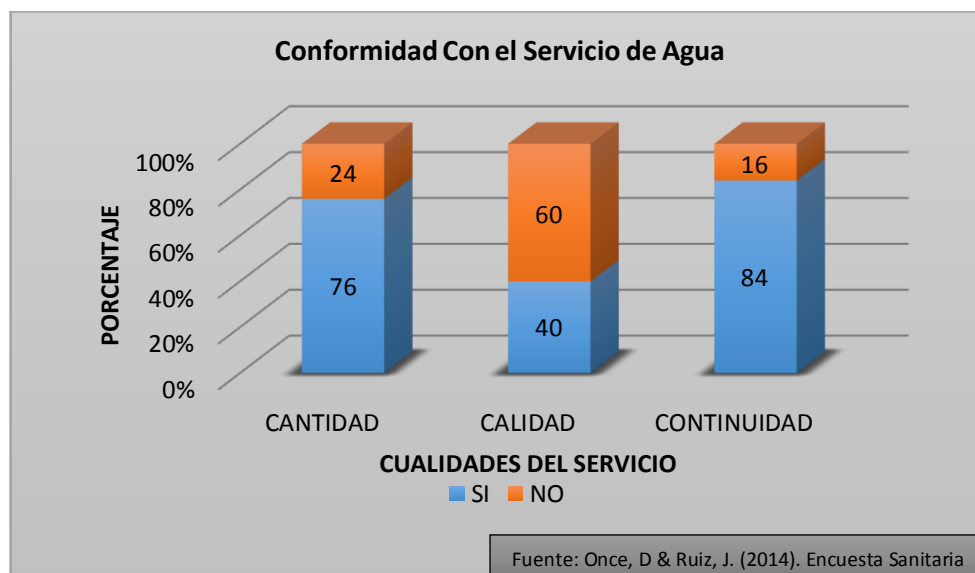
| SISTEMA DE AGUA | VIVIENDAS | % VIVIENDA |
|-----------------|------------|------------|
| ETAPA EP | 64 | 44 |
| JUNTA | 80 | 56 |
| TOTAL | 144 | 100 |

Tabla 3-13: Sistema de agua, Churuguzo



Conformidad con el Servicio de Agua

En Churuguzo, el 76% (110 viviendas) de la población en estudio se siente satisfecha con la cantidad de agua que le es proporcionada, y el 24% (34 viviendas) se siente inconforme con la cantidad de agua recibida. De la misma manera, el 40% (58 viviendas) manifiesta que el agua recibida es óptima para el consumo, el 60% (86 viviendas) expone que el agua presenta problemas tanto de color, como de sustancias suspendidas. Sobre la continuidad, el 84% (121 viviendas) manifiestan que el servicio es constante, mientras que el 16% (23 viviendas) comenta que el servicio se interrumpe en época de verano. En la **Figura 3-28**, se puede apreciar esta distribución.



Debido a que el área de cobertura de la planta se abastece de dos sistemas de agua, la percepción de la población es distinto para cada uno, como se indica a continuación:

❖ Sistema de la Junta Parroquial

Para el sistema de agua potable de la Junta Parroquial, el 76% (61 viviendas) se siente satisfecha con la cantidad de agua que le es proporcionada, y el 24% (19 viviendas) se siente inconforme con la cantidad de agua recibida. De la misma manera, el 31% (25 viviendas) manifiesta que el agua recibida es óptima para el consumo, el 69% (55 viviendas) expone que el agua presenta problemas tanto de color como de sustancias suspendidas. Sobre la continuidad, el 84% (67 viviendas) manifiestan que el servicio es constante, mientras que el 16% (13 viviendas) comenta que el servicio se interrumpe en época de verano. Ver **Figura 3-29**.

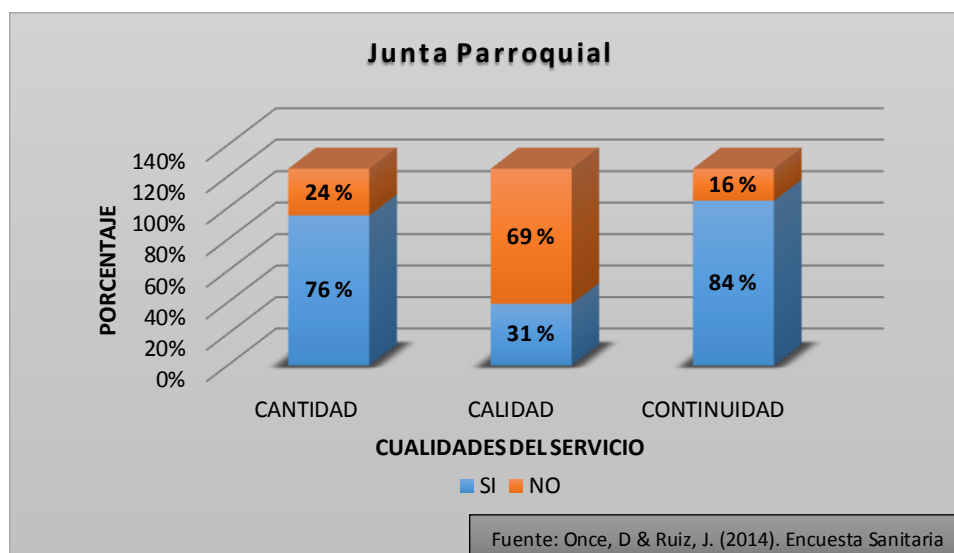


Figura 3-29: Conformidad con el Servicio de Agua del Sistema de la Junta Parroquial, PTAR Churuguzo

❖ Sistema de ETAPA EP

Para el sistema de agua potable que abastece la empresa ETAPA EP, el 77% (49 viviendas) se siente satisfecha con la cantidad de agua que le es proporcionada, y el 23% (15 viviendas) se siente inconforme con la cantidad de agua recibida. De la misma manera, el 52% (33 viviendas) manifiesta que el agua recibida es óptima para el consumo, el 48% (31 viviendas) expone que el agua presenta problemas tanto de color como de sustancias suspendidas. Sobre la continuidad, el 84% (54 viviendas) manifiestan que el servicio es constante, mientras que el 16% (10 viviendas) comenta que el servicio se interrumpe en época de verano. Ver **Figura 3-30**.

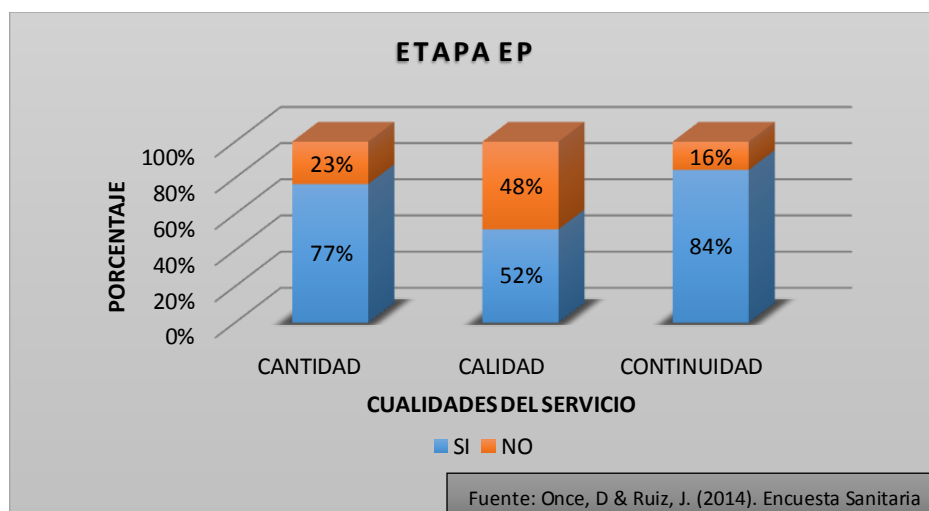


Figura 3-30: Conformidad con el Servicio de Agua del Sistema de ETAPA EP, PTAR Churuguzo

Costumbres y hábitos de usuario con el servicio de agua

El uso del agua que le dan los moradores, es importante para poder estimar la dotación de agua que dispone el sector, debido a que no se cuenta con un registro de consumo en ninguno de los sistemas que abastecen el sector. Según la encuesta, el 18% de agua es usada para lavar la ropa, 18% es usado para aseo del hogar, 19% es usado para la preparación de alimentos, 19% es usado para aseo personal, 19% es usado para descarga del inodoro y el 6% es usado en limpieza y lavado de vehículos. En la **Figura 3-31** se presenta esta distribución.

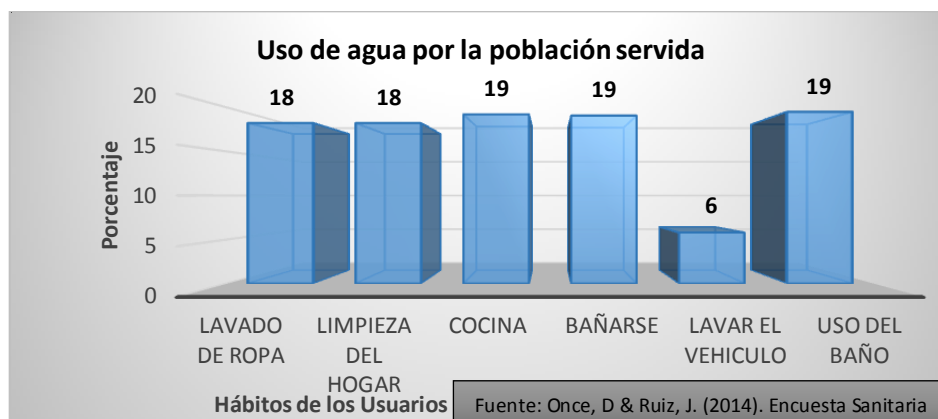


Figura 3-31: Costumbre y hábitos de los Usuarios, PTAR Churuguzo

3.3.10.2 Sistema de Alcantarillado

El sistema de alcantarillado de Churuguzo y del centro parroquial de Victoria del Portete, está concebido como un sistema sanitario, es decir es una red que conduce las aguas residuales domésticas, provenientes de las viviendas conectadas, tiene una longitud aproximada de 3.5km, con diámetros de tuberías que van desde 110mm en las conexiones domiciliarias a 200mm en los colectores del centro parroquial, debido a que este sector se encuentra en una zona plana, las pendientes de los colectores son las mínimas por diseño, provocando el ingreso del agua de origen pluvial por los pozos del sistema, como se aprecia en el **Anexo 17**, el sistema está constituido por tuberías hormigón simple, que se conectan mediante pozos de revisión ubicados en el margen de la vía. Como se indica en la **Figura 3-32**.

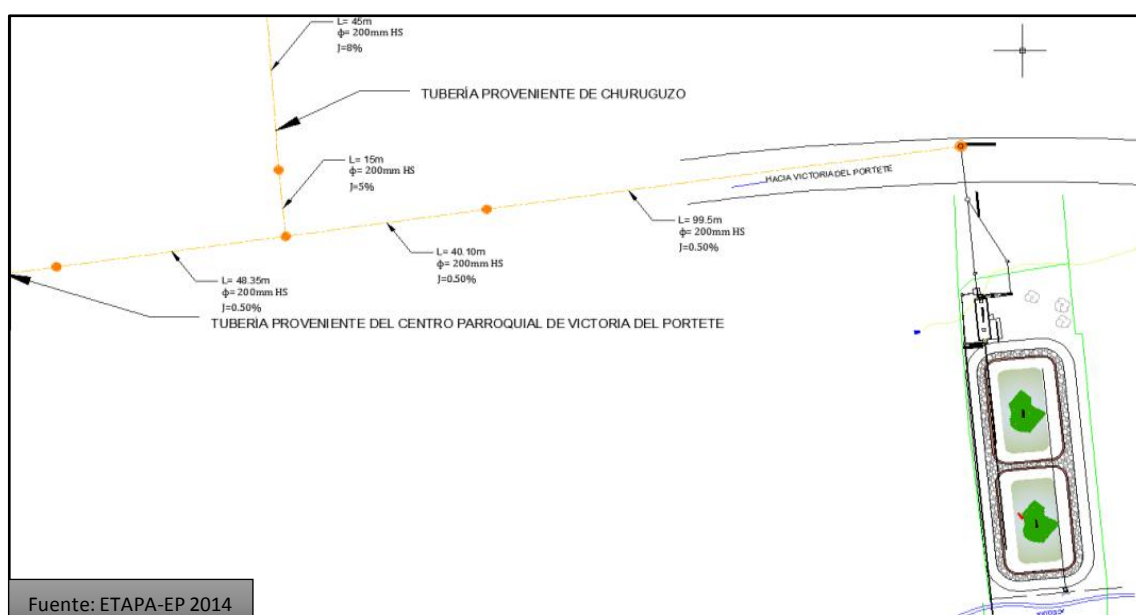


Figura 3-32: Tubería de llegada a la PTAR Churuguzo (ETAPA EP 2010)

Conectados a la Red de Alcantarillado

El 88% de la población en estudio, dispone de conexión a la red de alcantarillado sanitario que existe en la parroquia Victoria del Portete (127 viviendas), 12% de viviendas, registradas no están conectadas a la red de alcantarillado (17 viviendas), el motivo se debe a dos razones:

- ❖ Se encuentran muy lejos de la red de alcantarillado, por lo que su conexión implicaría costos muy elevados.
- ❖ Se encuentran en zonas bajas, que impide la conexión a la red por gravedad.

Por lo tanto, estas viviendas cuentan con pozos sépticos para la disposición de excretas. En la **Tabla 3-14**, **Figura 3-34**, se presenta esta distribución:

| SISTEMA DE ALCANTARILLADO | VIVIENDAS | % VIVIENDA |
|---------------------------|------------|------------|
| SI | 127 | 88 |
| NO | 17 | 12 |
| TOTAL | 144 | 100 |

Tabla 3-14: Sistema de alcantarillado, PTAR Churuguzo

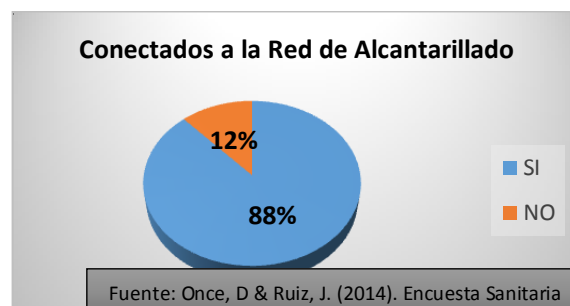


Figura 3-33: Conectados a la red de alcantarillado, PTAR Churuguzo

Conexiones ilícitas a la red de alcantarillado

En Churuguzo, Victoria del Portete, el 7% (10 viviendas) ingresan el agua procedente de patios a la red, 6% (9 viviendas) ingresa el agua procedente de cubiertas, esta problemática se presenta más en la zona céntrica de la parroquia. En la **Figura 3-34** se presenta esta distribución.

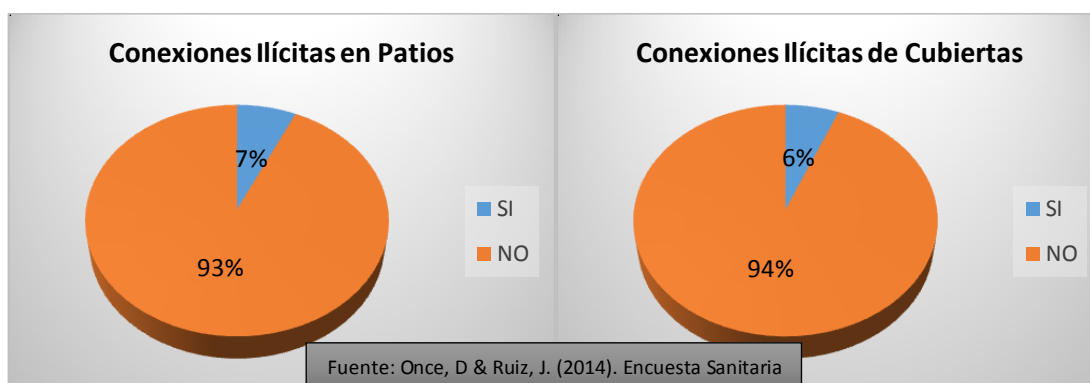


Figura 3-34: Conexiones ilícitas de patios y cubiertas, PTAR Churuguzo

3.3.10.3 Tratamiento de Aguas Residuales

En el sector Churuguzo, se construyó la PTAR para tratar el agua residual generada por este sector, el centro parroquial de Victoria del Portete y Mataquillcana, debido a que dichas aguas eran descargadas directamente en una quebrada que es un afluente del río Tarqui, sin ningún tratamiento, afectando a las comunidades San Pedro de Escaleras, Tarqui y demás sectores ubicados a la ribera del río. Por lo que, optaron por la construcción de esta planta, que en su proceso de tratamiento está comprendida por: una fosa séptica y dos humedales artificiales.



4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Levantamientos Topográficos en las PTAR

Debido a que no se cuenta con ningún tipo de información preliminar, se realizó un levantamiento completo para efectuar la evaluación física y perfiles hidráulicos. Se realizó dos tipos de levantamientos topográficos en las PTAR:

- Levantamiento planímetro.
- Levantamiento taquimétrico.

4.1.1 Levantamiento Planímetro.

La planimetría consiste en proyectar sobre un plano horizontal los elementos de la poligonal como puntos, líneas rectas, curvas, diagonales, contornos, superficies, cuerpos, etc., sin considerar su diferencia de elevación. Esto se hace con la ayuda de una estación total.

EQUIPOS USADOS:

- ❖ Estación total
- ❖ Prisma
- ❖ Trípode
- ❖ Cinta (30m)
- ❖ Estacas
- ❖ Martillo

PROCEDIMIENTO:

- ✓ Poner en estación el equipo (A), encerrar con respecto a un punto de referencia (N.R) y medir el azimut con respecto a este punto.
- ✓ Crear un nuevo archivo y colocar las coordenadas y otras variables necesarias.
- ✓ Colocar el prisma en el primer punto, mirar con la estación, tomar las características de ese punto, ángulos y distancia, de esta manera realizar la lectura en todos los puntos que se necesiten.

4.1.2 Levantamiento Taquimétrico.

La taquimetría es un método de medición rápido, que no ostenta demasiada precisión con respecto a otros procesos. La misma, nos permite medir indirectamente distancias horizontales y diferencias de nivel y se lo suele usar cuando no se necesita demasiada precisión o si las condiciones del terreno a medir, hacen complejo y poco preciso el empleo de la cinta métrica.

EQUIPOS USADOS

- ❖ Nivel óptico de Ingeniero
- ❖ Trípode
- ❖ Mira y nivel de mira
- ❖ Cinta (30m)
- ❖ Flexómetro
- ❖ Estacas

**PROCEDIMIENTO:**

- ✓ Poner en estación el equipo (A), calibrar para que esté completamente nivelado.
- ✓ Abscisar los puntos de interés con ayuda de la cinta.
- ✓ Colocar la mira en dichos puntos, medir la altura de ese punto con el nivel, de esta manera realizar la lectura en todos los puntos que se necesiten.

4.2 Metodología del Monitoreo

Los programas de muestreo se emprenden por una serie de razones con el fin de obtener los siguientes propósitos:

- ❖ Datos operacionales sobre el desempeño general de la planta.
- ❖ Datos que pueden usarse para documentar el desempeño de un determinado proceso u operación.
- ❖ Datos que pueden usarse para implementar programas nuevos propuestos.
- ❖ Datos necesarios para reportar cumplimiento de las normas.

Para alcanzar las metas del programa del muestreo, los datos recolectados deben ser:

1. **Representativos:** Los datos deben simbolizar el agua residual.
2. **Reproducibles:** Los datos obtenidos deben poder ser reproducidos por otros siguiendo el mismo muestreo y protocolos analíticos.
3. **Sustentados:** La documentación debe estar disponible para validar el plan de muestreo. Los datos deben tener un grado conocido de exactitud y precisión.
4. **Útiles:** Los datos deben poder usarse para encontrar los objetivos del plan de monitoreo.⁵⁸

4.2.1 Equipo de Muestreo

Dado que los requisitos de monitoreo de aguas residuales son amplios y exigentes, ISCO es un detector sin contacto que toma muestras al aire libre. Además, contiene módulos intercambiables para cualquier medida de caudal o parámetros. El equipo de Monitoreo cumple las recomendaciones de NPDES (*National Pollutant Discharge Elimination System*) y EPA (*United States Environmental Protection Agency*).

Cuenta con una carcasa de plástico ABS moldeado al vacío para soportar la exposición y el abuso. Su diseño es cónico de 20 pulgadas (50,8 cm) de diámetro sus grandes empuñaduras, cómodos hacen el transporte seguro y conveniente, incluso con guantes. Contiene un controlador que le permite seleccionar diferentes modos de programación para asegurar la rutina más adecuada para su aplicación. La programación es rápida y sencilla. Recoge automáticamente las muestras mediante una bomba peristáltica de gran velocidad, con purga de aire en la línea de admisión antes y después de cada toma de muestra. Ver **Figura 4-1**.

⁵⁸ Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados, 25



Figura 4-1: Equipo de monitoreo automático ISCO 7612

Objetivo del Procedimiento

Tomar muestras de agua para determinar los niveles de contaminación contenidos en las descargas de afluentes líquidos, en intervalos de tiempo definidos, con el fin de medir la eficiencia de las PTAR.

4.2.2 Materiales y Equipos Usados

- ❖ ISCO 6712
- ❖ Tubería de succión: vinilo o teflón de 3/8plg, 3 a 25 pies de largo
- ❖ Envases (24) plásticos de 1000mL de la ISCO 6712
- ❖ Envases plásticos de 1L de boca chica
- ❖ Envases plásticos de 1L de boca grande
- ❖ Envases de vidrio
- ❖ Bastón para toma de muestras manuales
- ❖ Batería de 24 volt.
- ❖ Probetas

EQUIPO DE SEGURIDAD

- ❖ Guantes
- ❖ Mascarilla
- ❖ Botas o calzado adecuado

PROCEDIMIENTO:

Requisitos de las muestras:

- Los envases, deben estar limpios y libres de contaminación.
- Una vez tomadas las muestras en campo, por personal idóneo, estas deben ser mantenidas en un lugar y ambiente seguro (refrigeradas), para que no sufran alteraciones y ser trasladadas al laboratorio, lo antes posible.
- Las muestras deben cumplir estrictamente, el procedimiento del equipo a utilizar, en cuanto a la recolección.
- Terminada, la sección de muestreo programada por el operario, se debe rotular debidamente cada envase.

Procedimiento de Recolección de Muestras

- Una vez que se llega al sitio de recolección de la muestra, inspeccionar el área o puntos de control para la toma de las muestras requeridas.



- Seguidamente, buscar un punto de referencia para introducir la línea de succión, la cual mantiene unida a un extremo la boquilla indicada para el nivel o caudal del agua de descarga.
- Luego, proceder a instalar el equipo, según lo establecido por el fabricante (batería, cesto de envases, línea de succión, boquillas).
- Programar la ISCO, para la toma de volúmenes de muestra en los intervalos de tiempo requeridos.
- La primera muestra o toma es revisada por el operario, y de esta manera se asegura que el equipo funciona debidamente.
- Finalizado el período de muestreo, el operador, procederá a desinstalar el equipo (ISCO 6712), para tapar, rotular y resguardar las muestras en un lugar y ambiente seguro, para que las mismas conserven sus propiedades y no sufran alteraciones químicas,
- El operador debe trasladar dichas pruebas, lo antes posible al laboratorio, para su posterior análisis.

Procedimiento de Programación del equipo:

- Inicialmente, se conecta la batería debidamente cargada, la cual indicará que el equipo puede ser utilizado,
- Se procede a encender el equipo para luego, seleccionar en el menú, la opción programa, dándole un nuevo nombre o usando el anterior, ya que el equipo mantiene una memoria interna.
- Luego, se escoge las unidades de trabajo, la cantidad de botellas a utilizar, el volumen de botellas que no debe sobrepasar los 500mL, tamaño de la manguera de succión, el tiempo, y el tipo de selección de recolección de muestra (simple o compuesta).
- Una vez que el operador ha seleccionado el tipo la forma de muestras a extraer, se da inicio al muestreo programado.⁵⁹

4.2.3 Parámetros Medidos

Los parámetros que se consideraron para en el análisis de aguas residuales, fueron los siguientes (**Tabla 4-1**):

| PARÁMETROS | MÉTODO | UNIDADES |
|----------------------------|---------------------------|------------------------|
| ALCALINIDAD TOTAL * | SM 2320 B | mgCaCO ₃ /l |
| DBO ₅ | PEE/LS/FQ/01 | mg/l |
| DQO | PEE/LS/FQ/02 | mg/l |
| FÓSFORO TOTAL | PEE/LS/FQ/03 | mg/l |
| NITRÓGENO AMONICAL * | SM 4500 NH ₃ C | mg/l |
| ph * | SM 4500 H B | |
| SÓLIDOS SEDIMENTABLES * | SM 2540 F | mg/l |
| SÓLIDOS SUSPENDIDOS | PEE/LS/FQ/04 | mg/l |
| SÓLIDOS TOTALES | SM 2540 B | mg/l |
| COLIFORMES TOTALES | SM 9221 E | NMP/ 100 ml |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES | SM 9221 E | NMP/ 100 ml |

Tabla 4-1: Parámetros considerados para el análisis de las muestras compuestas

⁵⁹ Procedimiento para la toma Automática de Muestras de Aguas, Universidad Tecnológica de Panamá 2006

4.2.4 Frecuencia del Monitoreo

La frecuencia del monitoreo se establece para medir cambios que ocurren en determinados períodos de tiempo, a fin de realizar el seguimiento respecto a las variaciones de los parámetros fisicoquímicos, orgánicos, microbiológicos ligados al agua residual cruda y tratada de las PTAR's. El número y tipo de muestras se realizó considerando la capacidad de los laboratorios de ETAPA EP, para el monitoreo de las PTAR's se realizó una muestra compuesta, en la que el equipo toma tres muestras por botella, de 300ml cada 20min, durante 24 horas.

4.2.5 Balance de Masas

A fin de verificar los caudales que componen el afluente, se realiza un balance de masas, de esta manera se determina la cantidad de agua (infiltración e ilícitas) que disminuye la concentración de los contaminantes. Como se indica en **Figura 4-2**.

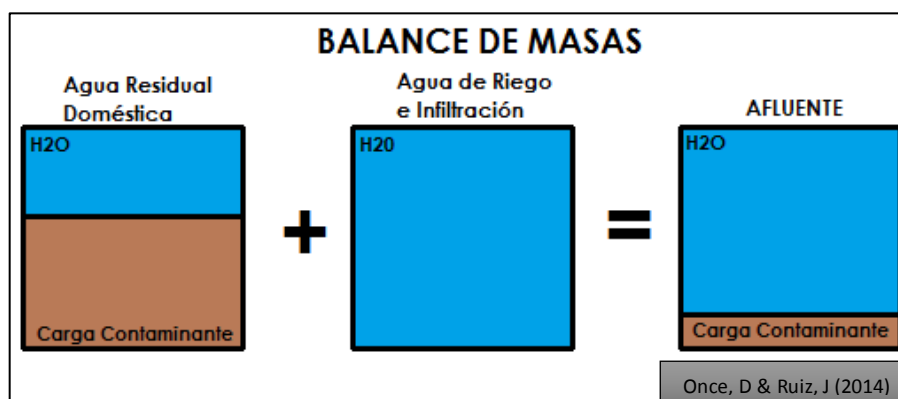


Figura 4-2: Descripción del Balance de Masas

Para determinar los distintos caudales que alteran el agua residual doméstica, se consideró los valores típicos del agua de diferente calidad expresados en la **Tabla 4-2**:

| VALORES TÍPICOS DEL AGUA DE DIFERENTE CALIDAD | | |
|---|-------------|--------------|
| Tipo de agua | DBO mg/L | DQO mg/L |
| Agua potable | 0,75 a 1,5 | < 10 |
| Agua poco contaminada | 5 a 50 | 20 a 200 |
| Agua potable negra municipal | 100 a 400 | 250 a 1000 |
| Residuos industriales | 500 a 10000 | 1000 a 15000 |
| Fuente: Freire Moran Ninoschtka, ESPOL , 2011 | | |

Tabla 4-2: Valores Típicos del Agua en Diferente Calidad

Para lo cual se aplicó la siguiente ecuación:

$$Q_1C_1 + Q_2C_2 = Q_TC_T$$

Ec. 4

Dónde:

Q_1 = Caudal de agua residual doméstica

C_1 =Carga contaminante típica de un agua residual doméstica

Q_2 = Caudal de agua de riego e infiltración

C_2 =Carga contaminante típica de un agua poco contaminada

Q_T = Caudal del afluente

C_T =Carga contaminante del afluente



4.3 PTAR Soldados

4.3.1 Medición de Caudal

El flujo de agua en un conducto puede ser en canal abierto o en tubería. Estas dos clases de flujos son semejantes en muchos aspectos, pero se diferencian en que el flujo en canal abierto debe tener una superficie libre.

La sección transversal de un flujo a canal abierto puede ser de cualquier forma, la rugosidad varía con la posición de una superficie libre. Por consiguiente, la selección de los coeficientes de fricción implica una mayor incertidumbre para el caso de canales abiertos. Las ecuaciones utilizadas son las de flujo en canales abiertos de Robert Manning:

Pendiente de la tubería.- Para determinar la pendiente de la tubería, se determinó H1, H2, L ver **Anexo 3** y con la **Ec. 5** se calculó J:

$$J = \frac{(H2 - H1)}{L} \quad \text{Ec. 5}$$

Calado.- Debido a que se trata de un flujo libre se puede medir manualmente la altura de agua en la tubería (h).

Sección llena

$$V = \frac{R^{2/3} J^{1/2}}{n} \quad \text{Ec. 6}$$

$$Q = V * A \quad \text{Ec. 7}$$

Relaciones hidráulicas

$$\frac{d}{D} \quad \text{Ec. 8}$$

$$\frac{q}{Q} \quad \text{Ec. 9}$$

Caudal de entrada.- Para obtener este caudal se utilizó las ecuaciones 6, 7, 8, 9 y el **Anexo 4**.

4.3.2 Puntos de Muestreo

El monitoreo en la PTAR de Soldados se realizó los días 16 y 17 de Junio de 2014, se realizó una muestra compuesta de 24 horas en tres puntos de interés como se indica en la **Figura 4-3**.

- ❖ Entrada a la PTAR
- ❖ Salida de la Fosa Séptica
- ❖ Salida de la PTAR

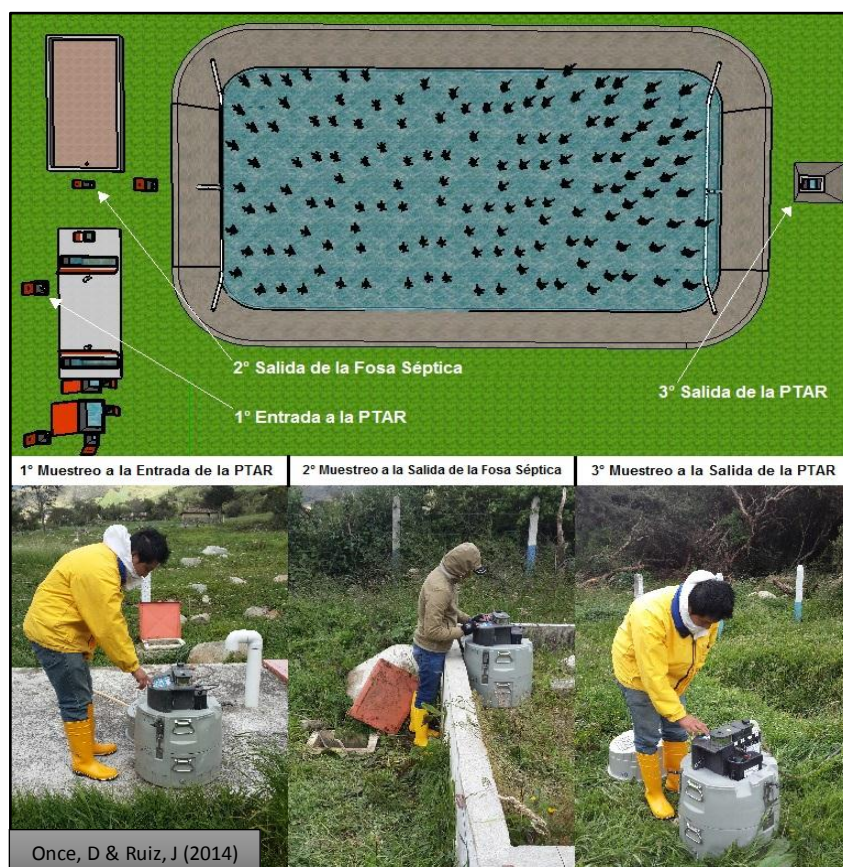


Figura 4-3: Puntos de la toma de muestras, PTAR Soldados

4.3.3 Muestra Compuesta

Para conformar la muestra compuesta en la planta, se consideró la variación de caudal que se genera, por lo que es recomendable dividir el período de muestreo en dos etapas:

- ❖ Horas en las que se genera mayor actividad de la población, se estimó con la curva de variación de caudales de llegada a la planta, como se indicará más adelante, de acuerdo a la gráfica de caudales la mayor parte de sus actividades son realizadas en la mañana y tarde, por lo que se consideró un período de horas entre las 6 am a 9 pm, para conformar el 70% de la muestra compuesta.
- ❖ El segundo rango de horas, comprende las horas de menor actividad, este rango se consideró en la noche de 10 pm a 5 am para conformar el 30% del total de la muestra.

La muestra compuesta, comprende 5000ml, de los cuales 3500ml (70%) es tomado de la unión de las 16 botellas, que comprenden el rango de mayor actividad de la población y 1500ml (30%) es tomado de la unión de las 8 botellas, que comprenden el rango de menor actividad de la población de Soldados.

4.4 PTAR Churuguzo

4.4.1 Medición de caudal

Para el cálculo del caudal real de ingreso a esta planta, se tuvo que construir un vertedero triangular con ángulo de 90° en la primera cámara de sedimentación,

debido a que la tubería de entrada se encuentra sumergida. Para diseñar esta estructura se utilizó la Ecuación de Henri Bazin 10, 11:

$$Q = Co * \frac{8}{15} * \sqrt[2]{2 * g} * \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) * h^{\frac{5}{2}} \quad \text{Ec. 10}$$

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Ec. 11}$$

Para determinar el coeficiente de descarga (Co) se procedió de la siguiente, manera:

- ❖ Se midió la altura de agua sobre el vertedero con una regla, con este valor se obtuvo el caudal mediante la **ecuación 9**, pero sin el coeficiente de (Co) (caudal calculado).
- ❖ Se tomó el volumen descargado en un tiempo determinado, con el cual se calculó se aplicó la **ecuación 10** para determinar el caudal (caudal medido).
- ❖ Con estos valores calculo el Co, dividiendo caudal medido para caudal calculado.

4.4.2 Puntos de Muestreo

El monitoreo en la PTAR de Churuguzo, se llevó a cabo los días 18 y 19 de Junio de 2014, se realizó una muestra compuesta de 24 horas en tres puntos de interés como se indica en la **Figura 4-4**:

- ❖ Entrada a la PTAR
- ❖ Salida de la fosa séptica
- ❖ Salida de la PTAR

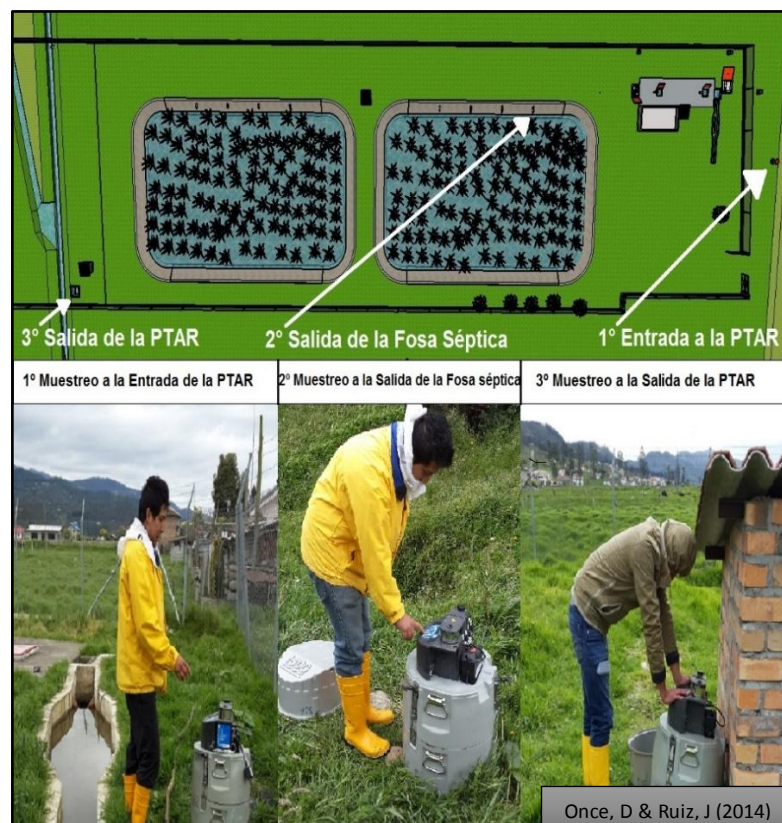


Figura 4-4: Puntos de la toma de muestras, PTAR Churuguzo



4.4.3 Muestra Compuesta

Para conformar la muestra compuesta en la planta, se consideró la variación de caudal que se genera, por lo que es recomendable dividir el período de muestreo en dos etapas:

- ❖ Un rango de horas en las que se genera mayor actividad de la población, se estimó con la curva de variación de caudales de llegada a la planta, debido a que es una población ganadera y comercial sus actividades son realizadas en el día como en la noche, lo que provoca mayor actividad por parte de la población, por lo que se consideró un periodo de horas entre las 6 am a 11 pm, para conformar el 60% de la muestra compuesta.
- ❖ El segundo periodo de horas comprende las horas de menor actividad, este rango se consideró en la noche de 12 pm a 5 am para conformar el 40% del total de la muestra.

La muestra compuesta comprende 5000ml, de los cuales 3000ml (60%) es tomado de la unión de las 14 botellas, que comprenden el rango de mayor actividad de la población, 2000ml (40%) es tomado de la unión de las 10 botellas, que comprenden el rango de menor actividad de la población de Victoria del Portete.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 PTAR Soldados

5.1.1 Evaluación de la Infraestructura Física de la PTAR

Para lograr un mayor entendimiento de la infraestructura física de las PTAR's, se utilizó el Software SketchUp 2014, se trata de un programa de diseño gráfico y modelado en 3D, para entornos de arquitectura, ingeniería civil, diseño industrial, etc., que permite una mayor visualización y entendimiento de las plantas.

5.1.1.1 Vista Preliminar de la Planta

Esta planta, comprende un área de 2149.6m², la cual dispone de un cerramiento perimetral fuera del cual está rodeada íntegramente por terrenos particulares y por un pequeño bosque a la ribera del río Yanuncay, el ingreso del agua se da por diferentes pozos y cámaras de paso, hasta llegar a la fosa séptica para el tratamiento anaerobio y continua a un humedal artificial con plantas acuáticas (totoras), además de estas estructuras de funcionamiento, la planta dispone de un lecho de secado de lodos para la deshidratación a cielo abierto y de una estación meteorológica ubicada al margen derecho de la entrada de la planta Ver **Figura 5-1**.

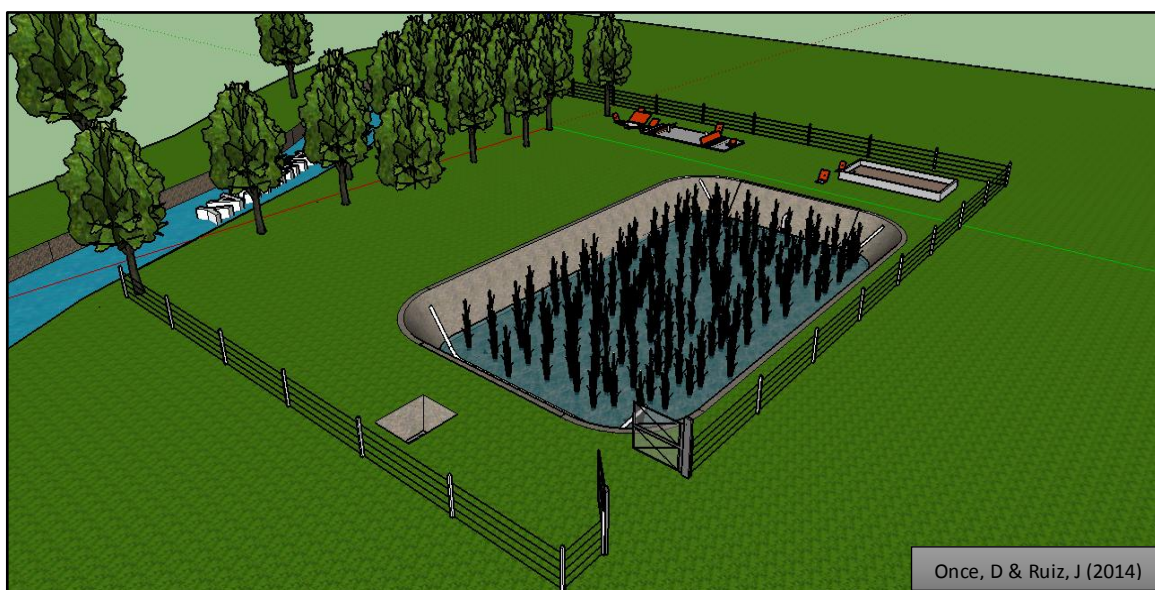


Figura 5-1: Vista preliminar, PTAR Soldados

5.1.1.2 Funcionamiento

A esta planta, ingresan las aguas residuales domésticas generadas por la población servida de la comunidad Soldados, por medio de una tubería de PVC de ϕ 160mm que se conecta al pozo P1 en el interior de la planta, el agua pasa por los pozos P2 y P3, que son estructuras auxiliares para el cambio de dirección del flujo, (ver **Figura 5-2**); para llegar a dos tanques colocados en serie, que retienen el material grueso y arenas, en caso de que el caudal real supere al de diseño, estos dos tanques disponen de compuertas de 40cm de alto, en donde el agua que rebosa es descargada directamente al río Yanuncay mediante un bypass, la fosa séptica dispone de tres pantallas de hormigón que direccionan el

flujo, esta presenta dos ductos de ventilación, para la evacuación de gases, así como de tres tapas, para inspecciones y mantenimiento. El efluente es transportado por una tubería de PVC de ϕ 160mm hacia el pozo 6, en donde se une con el agua generada por el lecho de secado de lodos mediante el proceso de deshidratación a cielo abierto antes de llegar al humedal, el agua pasa por el pozo 7 que es una estructura de paso o inspección, para posteriormente entrar al humedal y ser distribuida mediante una tubería de PVC de ϕ 110mm perforada, de la misma manera al final del humedal, el agua es recolectada por una tubería de las mismas características, para su evacuación hacia un pozo vertedero para posteriormente pasar a un pozo de paso y ser descargada directamente al río Yanuncay. En la **Figura 5-2**, **Figura 5-3** se presenta un esquema del funcionamiento de la planta.

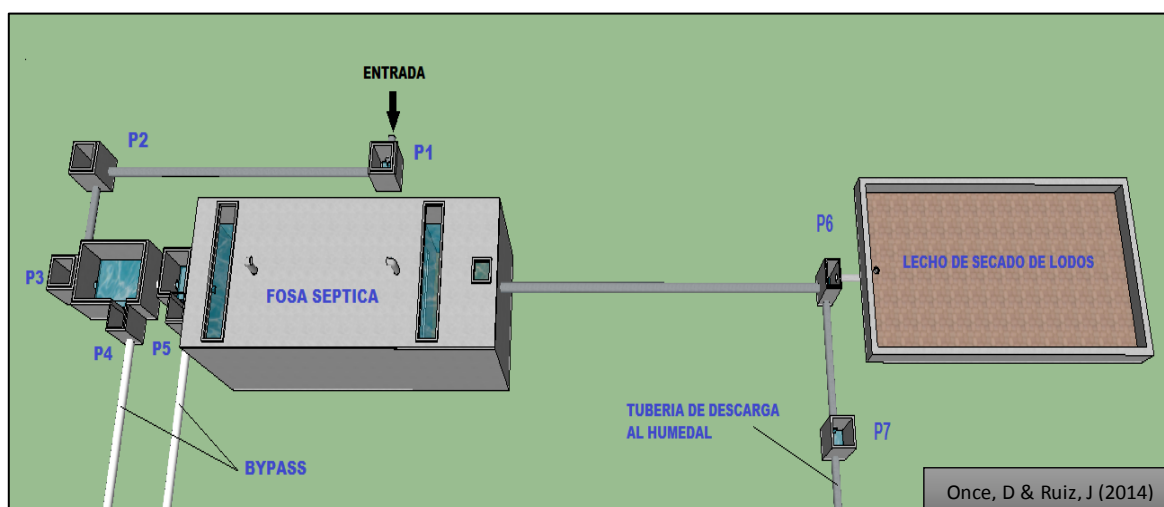


Figura 5-2: Esquema del Primer Funcionamiento, PTAR Soldados

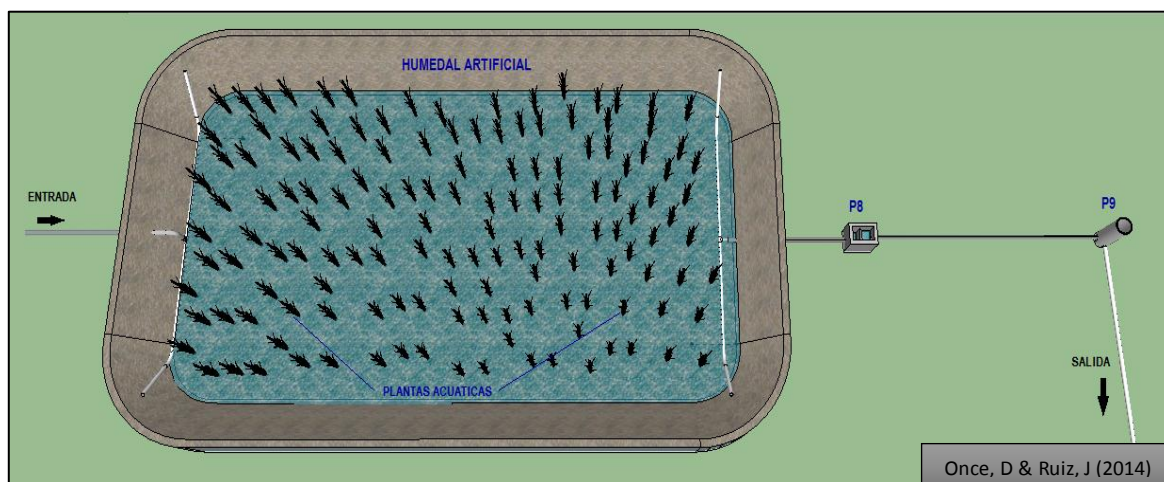


Figura 5-3: Esquema del Segundo Funcionamiento, PTAR Soldados

5.1.1.3 Estructuras

Pozos

- ❖ **P1:** Pozo de entrada a la planta de tratamiento, con una tubería de PVC de entrada y salida de ϕ 160mm, se conecta al pozo P2.
- ❖ **P2, P3:** Pozos para el cambio de dirección del flujo, que ingresa a la planta.
- ❖ **P4, P5:** Pozos de conexión del bypass de la planta al efluente.

- ❖ **P6:** Pozo de paso, que permite el cambio de dirección de flujo, desde el tanque séptico hacia el humedal, además recibe el agua que escurre del secado de lodos.
- ❖ **P7:** Pozo de revisión, sirve de conexión entre P6 y el humedal.
- ❖ **P8:** Pozo con un vertedero, sirve como una estructura de medición.
- ❖ **P9:** Pozo de paso, permite el cambio de dirección de flujo, para la descarga del agua depurada al efluente.

Todos estos pozos, tiene una dimensión estándar de 70x70cm en el exterior y 50x50cm en su interior, su altura varía dependiendo de su ubicación, además disponen de tapas metálicas.

Secado de Lodos

Esta estructura, tiene unas dimensiones de 3.5m de ancho, 6.8m de largo y 0.8m de profundidad, está ubicada en el sector derecho del ingreso de la planta. El lecho de secado de lodos es en general, el último componente de una planta de tratamiento de aguas servidas, el lodo proveniente, ya sea del tanque séptico o de las estructuras de retención del material grueso y arenas, son depositados en este lugar, con el fin de que el agua contenida en los lodos se escurra por efecto de la gravedad, a través de un lecho filtrante de arena y grava, el agua es recolectada por un tubo perforado de PVC de ϕ 110mm que descarga en el pozo P6. Otra parte del agua contenida en los lodos se evapora mediante la acción del sol. En estado seco los lodos son retirados y depositados en rellenos sanitarios a cielo abierto.

Tanques de retención de material

Esta planta, presenta dos cámaras de retención de material grueso y arenas ubicadas antes de la fosa séptica colocados en serie y disponen de compuertas de bypass en caso de exceso de caudal. En la **Figura 5-4** se puede observar estas estructuras.



Figura 5-4: Esquema de los tanques de retención, PTAR Soldados

Fosa Séptica

Esta estructura, tiene dimensiones de 3m de ancho, 7.30m de largo y 2.90m de profundidad, el agua ingresa por una tubería de PVC de ϕ 160mm a 2.20m desde el fondo de la fosa; en su parte interior posee tres paredes transversales de hormigón para direccionar el flujo del agua (ver **Figura 5-5**), para pasar la primera pared, el agua lo hace por su parte inferior debido a que está levantada 0.65m

desde el fondo, esto ayuda a que todos los sedimentos se retengan en esta primera cámara (trampa de grasas), en la segunda cámara, el agua se mantiene parcialmente en reposo y empieza el tratamiento anaerobio, en donde se forma espuma y el lodo residual por la acción de los microorganismos. Para evitar la salida de la espuma y lodo, el agua atraviesa todo el ancho de la pared dos, por una abertura de 0.2m alto, a una altura de 1.15m desde el fondo. En la cámara tres, se sedimentan todos los sólidos suspendidos, para posteriormente pasar por la parte inferior de la pared tres a la cámara cuatro; en esta zona, el agua es evacuada por una tubería de PVC de $\phi 160$ mm ubicada a 1.90m medido desde el fondo.

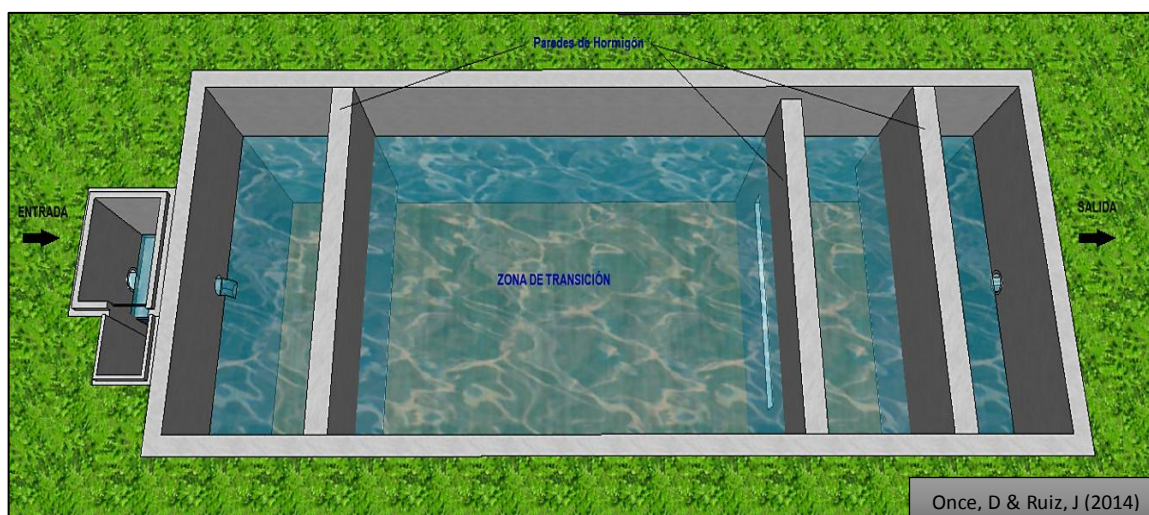


Figura 5-5: Fosa séptica, PTAR Soldados

Humedal

El humedal, tiene dimensiones de 18.67m de ancho, 31.68m de largo y una profundidad de 2.5m. El afluente ingresa por una tubería de PVC de $\phi 160$ mm, por la zona media del humedal y se conecta a una tubería de menor diámetro (110mm) perforada, que está extendida en todo el ancho del humedal evacuando el agua en forma uniforme, una vez que el agua ha atravesado el humedal es recolectado por una tubería de las mismas características a la de la entrada, además, existe plantas acuáticas para la asimilación de la materia orgánica y un lecho de material granular. Esto se puede ver en la **Figura 5-6**:

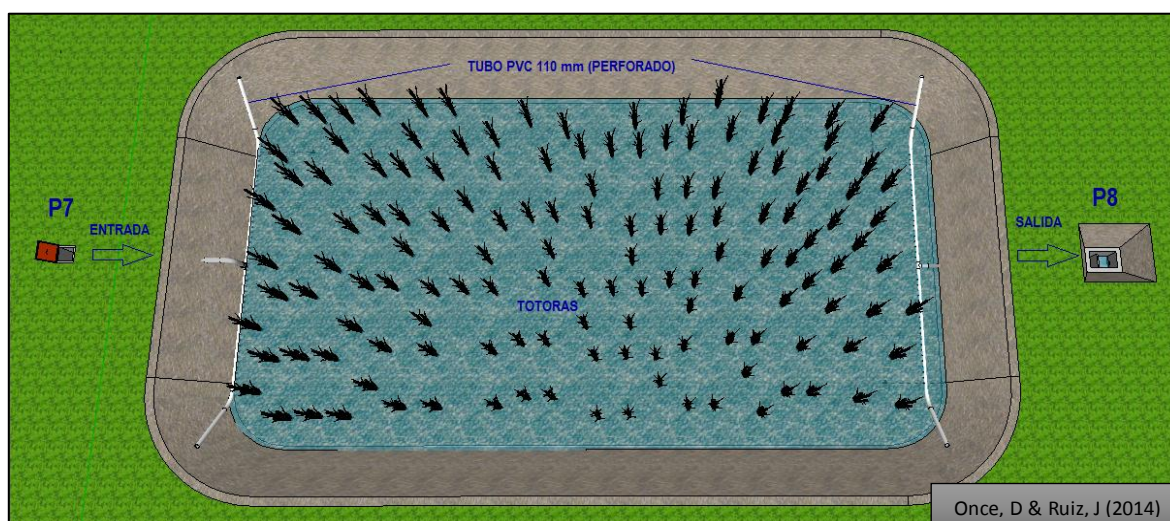


Figura 5-6: Humedal, PTAR Soldados



Toda el agua que se recolecta por la tubería proveniente del humedal, es transportada hacia un pozo de vertedero P8, posteriormente al pozo de paso P9, mediante una tubería de PVC de ϕ 160mm, y es descargada directamente al río Yanuncay.

5.1.1.4 Problemas

- ❖ La PTAR, no dispone de acceso vehicular ni peatonal. El acceso es a través de los pastizales de propiedad de personas particulares. Se parte con dificultad por el talud de borde de la vía (San Joaquín – Soldados) para llegar al sitio, Ver **Anexo 5**. Esta condición dificulta la operación y el mantenimiento de la PTAR.
- ❖ El agua excedente de riego, de los terrenos aledaños a la PTAR ingresan a la zona en la cual están ubicados los pozos de revisión y los tanques, inundando las zonas bajas. En temporada de alta precipitación, el agua ingresa directamente por la tapa de los pozos (ver **Anexo 6**), lo que modifica totalmente el funcionamiento de la planta.
- ❖ La fosa séptica no dispone de una tapa de revisión que permita el mantenimiento de la cámara central, lo que dificulta la extracción de lodos, ver **Anexo 7**.
- ❖ Las plantas acuáticas del humedal (totoras) se encuentran muertas.
- ❖ El pozo final de la estructura de descarga se encuentra en pésimas condiciones, la tapa de hormigón está destruida por lo que no cubre toda la sección, lo que genera el ingreso de materiales orgánico, interrumpiendo el paso del agua ver **Anexo 9**.

5.1.1.5 Obras Emergentes

- ❖ Es necesario realizar la construcción de una vía de acceso permanente a la PTAR, para realizar trabajos de mantenimiento.
- ❖ Para prolongar la vida útil de la fosa séptica es necesario la construcción de una tapa de acceso a la cámara, para la extracción de lodos residuales que se acumulan en el fondo.
- ❖ Realizar un nuevo cultivo de las plantas acuáticas (totoras), o considerar otro tipo de vegetación apropiadas para climas fríos con temperaturas entre los 10 y 16 °C.
- ❖ Es necesario la construcción de canales que ayuden a drenar las aguas de riego provenientes de los terrenos aledaños, para evitar el ingreso por las estructuras de la planta.
- ❖ La colocación de un candado en la puerta de ingreso a la planta, para evitar el ingreso de personas no autorizadas.

5.1.2 Caudales

Para estimar el caudal de agua residual que genera la población y el caudal de agua que llega a la planta de tratamiento, se procedió de la siguiente manera:

- ❖ Se utilizó parámetros de diseño, basados en la encuesta sanitaria, para estimar el caudal sanitario de llegada a la planta.
- ❖ Se midió el caudal real que ingresa a la planta durante 24 horas.

5.1.2.1 Caudal Teórico

Para conocer el caudal que llega a la planta en forma teórica, es necesario calcular el caudal de diseño de la red de alcantarillado sanitario existente, para lo cual se debe conocer ciertos parámetros como:

- ❖ Población Servida por la Red de Alcantarillado (P)
- ❖ Dotación de Agua Potable (q)
- ❖ Coeficiente de Retorno (R)
- ❖ Coeficiente de Mayoración (M)
- ❖ Caudal de Infiltración (Q_{if})
- ❖ Caudal de Ilícito (Q_l)

Población (P)

La población del área de estudio de Soldados es de 147 habitantes.

Dotación de Agua Potable (q)

El consumo de agua potable para el área de estudio, se basa en la encuesta sanitaria y se han considerado factores como: el clima, hábitos y nivel de vida de la población, naturaleza y tamaño de la comunidad, entre otros aspectos necesarios para estimar la dotación de agua recibida. Ver **Tabla 5-1**.

| Contribución | Actividades | Dotación | Unidad | Fuente | Dotación L/hab/día |
|--------------------------------|-----------------------------|----------|-----------|--------------------|--------------------|
| Uso Doméstico | Lavado de Ropa | 10 | L/hab/día | CEPIS | 10 |
| | Limpieza del Hogar | 5 | L/fam/día | CEPIS | 1 |
| | Preparación de Alimentos | 6 | L/hab/día | CEPIS | 6 |
| | Lavado de Platos | 2 | L/hab/día | CEPIS | 2 |
| | Bebida | 2 | L/hab/día | CEPIS | 2 |
| | Uso de Ducha | 10 | L/hab/día | CEPIS | 10 |
| | Lavado de Dientes | 5 | L/hab/día | T Depur Ingeniería | 5 |
| | Lavado de manos y cara | 5 | L/hab/día | CEPIS | 5 |
| | Lavado de Vehículo | 27 | L/fam/día | Aguas y desagües | 0.79 |
| | Descarga al Excusado | 10 | L/hab/día | T Depur Ingeniería | 10 |
| | Riego de Jardines y Patios | 5 | L/fam/día | ETAPA EP | 1 |
| | Perdidas eventuales | 12 | L/hab/día | CEPIS | 12 |
| Uso Comercial | Restaurantes (3) | 50 | L/Día | SAE | 1.02 |
| | Tienda (1) | 30 | L/Día | T Depur Ingeniería | 0.2 |
| | Alojamiento Provisional (1) | 10 | L/Día | ETAPA EP | 0.07 |
| Uso Institucional | Iglesias (1) | 2 | L/hab/mes | ETAPA EP | 0 |
| | Escuelas (1) | 50 | L/día | ETAPA EP | 0.34 |
| Dotación Promedio: (L/hab/día) | | | | | 64 |

Tabla 5-1: Dotación de Agua del área de influencia de la PTAR Soldados

- ❖ Para el lavado de ropa, la guía para el diseño de sistemas de alcantarillado del CEPIS, recomienda un consumo entre los 10-15 L/hab/día, se optó una dotación de 10L/hab/día, debido a que en la población de Soldados 26 de las 34 viviendas encuestadas, disponen de lavador o tanque de lavado de ropa. La población de las 8 viviendas restantes a pesar del clima frío, acostumbran a lavar su indumentaria en el río Yanuncay.
- ❖ La dotación asumida para la limpieza del hogar es de 5L/hab/día obtenido de las recomendaciones del CEPIS (2-9 L/hab/día), se consideró este valor debido a que 62% de las viviendas son de adobe, no dispone de losas de



hormigón con acabados de cerámica y tan solo el 9% disponen de este tipo de terminados.

- ❖ El uso del agua para la preparación de alimentos se considera similar en zonas urbanas como en rurales, por lo que se asumió 6L/hab/día, valor recomendado por CEPIS.
- ❖ En climas fríos, el consumo de agua como bebida es menor, por lo que se consideró una dotación de 1L/hab/día, aunque la norma del CEPIS recomienda 2L/hab/día.
- ❖ Para el uso de la ducha, se considera una dotación de 10L/hab/día debido a que en promedio la población acostumbra a bañarse dos veces por semana, por las bajas temperaturas del lugar.
- ❖ Para el aseo personal en lavado de dientes y manos, se considera valores de 5 L/hab/día para cada actividad, recomendado por las Técnicas de Depuración de Ingeniería, estos valores se adoptan a las condiciones socio económicas de la población.
- ❖ El consumo de agua para el lavado del vehículo es mínima (0.79 L/hab/día), porque existe un reducido número de familias que disponen de este medio de transporte.
- ❖ El 91% de las viviendas poseen inodoro y se consideró una dotación de 10L/hab/día, recomendado por las Técnicas de Depuración de Ingeniería, debido a que los retretes antiguos descargan una mayor cantidad de agua que los modernos.
- ❖ Se considera una dotación de 5L/fam/día para el riego de plantas y jardines, recomendado por ETAPA EP. En Soldados, una familia promedio tiene 5 miembros lo que da una dotación de 1L/hab/día.
- ❖ Para poder estimar la cantidad de agua que se pierde o se desperdicia debido a descuidos, se ha optado por la recomendación del CEPIS de 12L/hab/día.
- ❖ En lo que comprende a: restaurante, tienda, alojamiento provisional, iglesias y escuelas, se consideró valores que se encuentran en la **Tabla 5-1**; estos valores se asumieron por recomendaciones de ETAPA EP y las Técnicas de Depuración de Ingeniería, relacionando este valor con el total de población que utiliza estos servicios.

Factor de Retorno (R)

Para la estimación de este parámetro, se realizó un análisis considerando los equipos sanitarios en las viviendas, es decir inodoros, lavamanos duchas y más. En la **Tabla 5-2**, se hace un análisis del total de elementos sanitarios y de eso cuántos están conectados.

| ELEMENTOS | | CONECTADOS A LA RED |
|----------------------|-------|---------------------|
| Inodoros | 37 | 37 |
| Lavamanos | 21 | 20 |
| Duchas | 24 | 24 |
| Fregaderos de Cocina | 30 | 30 |
| Lavador de Ropa | 26 | 20 |
| | 138 | 131 |
| | % 100 | 95 |

Tabla 5-2: Elementos Sanitarios Conectados a la Red de Alcantarillado, PTAR Soldados

Del 100% de agua dotada para cada vivienda, el 95% regresa a la red, esto se debe a que toda la población dispone del servicio de alcantarillado, además de 138 elementos sanitarios que dispone esta población, entre, inodoros, lavamanos, duchas, fregaderos de cocina, lavador de ropa; solo 7 no están conectados, entre los cuales está un lavamanos y 6 lavadores de ropa. Además, como el clima en la zona es frío, la población calienta el agua para el consumo, aseo personal y preparación de alimentos. Por lo tanto, se considera el factor de retorno $R = 0,95$.

Coeficiente de Variación de Consumo (M)

Debido a que no se cuenta con datos de caudales a lo largo de un año, se estimó el valor de K1 considerando valores recomendados para la ciudad de Cuenca ($K1 = 1.3$), mientras que para calcular el coeficiente K2, se considera la relación de caudal máximo para el caudal medio diario, medido en la planta ver **Figura 5-7**.

$$K = 3.42 / 2.48 = 1.38$$

$$M = 1,3 \times 1,38 = 1,794$$

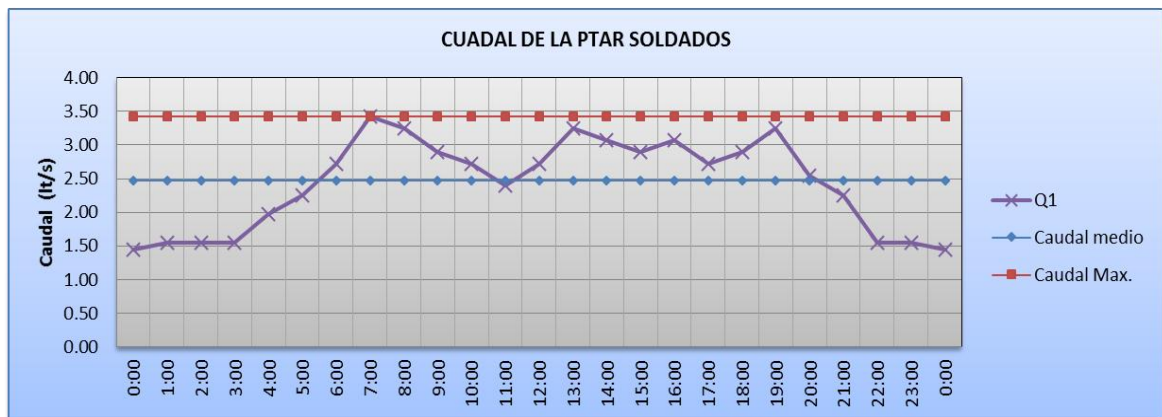


Figura 5-7: Coeficiente de Variación de Consumo, Soldados

Caudal de Infiltración (Qi)

En la **Tabla 2-5**, se recomienda tasas de infiltración en base al tipo de tubería, al tipo de unión y la situación de la tubería respecto a las aguas subterráneas. Este sistema de alcantarillado está constituido por tuberías de PVC con una longitud aproximada de 2.5 Km y presenta un suelo saturado propio de un páramo.

La Norma establece un caudal de infiltración de 0.5L/s/km para una tubería de PVC, en suelo con nivel freático alto.

Dónde:

A = Valor de la Norma.

B = Longitud de la red (Km)

$$Q_{If} = A * B$$

$$Q_{If} = 0.5 * 2.5 = 1.25 \text{ l/s}$$

Caudal Ilícito (QI)

De acuerdo a la encuesta sanitaria realizada a la población servida de esta planta, no se evidenció el ingreso de caudales ilícitos o conexiones clandestinas a la red de alcantarillado, las viviendas que disponen de troneras en el patio y canales de cubierta, evacúan el agua a quebradas o vertientes cercanas.

Sin embargo, por el trabajo de campo se constató ingreso de agua procedente del riego, para relacionar este caudal con un valor teórico se aplicó la norma de IEOS (80 l/hab/día), empleando la siguiente ecuación:

David Once – Johnny Ruiz



$$Q_{ilic} = \frac{80 * P}{86400}$$

$$Q_{ilic} = \frac{80 * 147}{86400} = 0.136 \text{ l/s}$$

Por lo tanto, el caudal teórico de entrada a la PTAR Soldados es:

$$Q_{dAR} = PqR * M + Q_i + Q_l$$

$$Q_{dAR} = \frac{147 * 64 * 0.95 * 1.794}{86400} + 1.25 + 0.136$$

$$Q_{dAR} = 0.19 + 1.25 + 0.136$$

$$Q_{dAR} = 1.58 \text{ l/s}$$

5.1.2.2 Caudal Real

Para estimar la cantidad de agua que ingresa a la planta de tratamiento, se midió el calado de agua, esto se realizó cada hora durante 24 horas, los días 15 y 16 de junio del 2014, los valores de alturas y caudales se encuentran en la **Tabla 5-3**.

| DATOS | | | | | | | | | | |
|----------|------------|-------|---------------|---------|------|-----------------|-------|----------|---------|-------------|
| H1 (m) | 0,50 | | | | | | | | | |
| H2 (m) | 0,70 | | | | | | | | | |
| L (m) | 4,00 | | | | | | | | | |
| φ (m) | 0,152 | | | | | | | | | |
| n | 0,013 | | | | | | | | | |
| J (m/m) | 0,050 | | | | | | | | | |
| LECTURAS | | HORA | SECCION LLENA | | | CAUDAL REAL (q) | | | | TEMPERATURA |
| # | calado (m) | (h) | R | V (m/s) | Q | d/D | q/Q | q (m3/s) | q (l/s) | (°C) |
| 1 | 0,03 | 11:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,197 | 0,068 | 0,0024 | 2,40 | 15 |
| 2 | 0,032 | 12:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,211 | 0,077 | 0,0027 | 2,72 | 15 |
| 3 | 0,035 | 13:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,230 | 0,092 | 0,0032 | 3,25 | 15 |
| 4 | 0,034 | 14:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,224 | 0,087 | 0,0031 | 3,07 | 16 |
| 5 | 0,033 | 15:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,217 | 0,082 | 0,0029 | 2,89 | 15 |
| 6 | 0,034 | 16:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,224 | 0,087 | 0,0031 | 3,07 | 14 |
| 7 | 0,032 | 17:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,211 | 0,077 | 0,0027 | 2,72 | 13 |
| 8 | 0,033 | 18:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,217 | 0,082 | 0,0029 | 2,89 | 12 |
| 9 | 0,035 | 19:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,230 | 0,092 | 0,0032 | 3,25 | 12 |
| 10 | 0,031 | 20:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,204 | 0,072 | 0,0025 | 2,54 | 12 |
| 11 | 0,029 | 21:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,191 | 0,064 | 0,0023 | 2,26 | 13 |
| 12 | 0,024 | 22:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,158 | 0,044 | 0,0016 | 1,55 | 13 |
| 13 | 0,024 | 23:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,158 | 0,044 | 0,0016 | 1,55 | 12 |
| 14 | 0,023 | 0:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,151 | 0,041 | 0,0014 | 1,45 | 11 |
| 15 | 0,024 | 1:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,158 | 0,044 | 0,0016 | 1,55 | 10 |
| 16 | 0,024 | 2:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,158 | 0,044 | 0,0016 | 1,55 | 11 |
| 17 | 0,024 | 3:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,158 | 0,044 | 0,0016 | 1,55 | 11 |
| 18 | 0,027 | 4:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,178 | 0,056 | 0,0020 | 1,98 | 11 |
| 19 | 0,029 | 5:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,191 | 0,064 | 0,0023 | 2,26 | 11 |
| 20 | 0,032 | 6:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,211 | 0,077 | 0,0027 | 2,72 | 12 |
| 21 | 0,036 | 7:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,237 | 0,097 | 0,0034 | 3,42 | 12 |
| 22 | 0,035 | 8:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,230 | 0,092 | 0,0032 | 3,25 | 12 |
| 23 | 0,033 | 9:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,217 | 0,082 | 0,0029 | 2,89 | 12 |
| 24 | 0,032 | 10:00 | 0,04 | 1,94 | 0,04 | 0,211 | 0,077 | 0,0027 | 2,72 | 13 |

Tabla 5-3: Valores y parámetros para el cálculo de caudales de ingreso a la PTAR Soldados

A continuación (**Tabla 5-4**), se muestra los valores de caudales máximos, medios y mínimos que ingresan a la PTAR Soldados.

| CAUDALES | | HORA |
|---------------|----------|------|
| Caudal Máximo | 3,42 L/s | 7:00 |
| Caudal Medio | 2,48 L/s | |
| Caudal Mínimo | 1,45 L/s | 0:00 |

Tabla 5-4: Caudal Máximo, Medio y Mínimo de la PTAR Soldados

Una vez obtenido los datos de caudales, se realizó un análisis gráfico de la variación del caudal a lo largo del día, lo que se representa en la siguiente gráfica (**Figura 5-8**).



Figura 5-8: Caudal de Ingreso a la PTAR Soldados

La **Figura 5-8**, representa la variación del caudal a lo largo del día, se observa que se generan tres picos, que son característicos de las horas de mayor consumo de agua potable: 7:00, 13:00 y 19:00. Soldados, es una población rural ganadera donde todas sus actividades se desarrollan durante el día, lo que genera una disminución considerable en el caudal de aguas residuales durante la noche, especialmente a partir de las 22.00 hasta las 3:00, aunque en este rango de tiempo las actividades son prácticamente nulas, el caudal nunca desciende a cero, esto se debe principalmente a que existe ingreso importante de agua de infiltración y riego a la red de alcantarillado.

Para realizar una estimación de los diferentes caudales que ingresan a la planta a través de la red de alcantarillado, se asumió el siguiente criterio:

- ❖ El Agua que ingresa durante altas horas de la noche, en donde la población no genera actividad, se puede considerar como agua de infiltración, generada por el ingreso de agua del suelo a través de las juntas, uniones, y pozos de revisión.

Además, se debe tener presente que la zona posee sistemas de riego por inundación y presión, lo que aumenta la cantidad de agua que ingresa a la red.

A continuación, se hace un análisis, considerando estos parámetros y se obtiene unas gráficas aproximadas, de la cantidad de agua generada por cada actividad. Ver **tabla 5.5**.

| TERMINOLOGÍA | |
|--------------|--|
| Q1 | Caudal A.R.D + Caudal de Riego + Caudal de Infiltración |
| Q2 | Caudal A.R.D + Caudal Proveniente de Riego |
| Q3 | Caudal A.R.D (Agua Residual Doméstica) |
| Q4 | Caudal de Dotación de Agua |

Tabla 5-5: Terminología para la Representación de los Caudales que Llegan a la PTAR

- ❖ **Q1**, representa la gráfica del caudal total que llega a la planta.
- ❖ **Q2**, representa el caudal, sin agua de infiltración, esto se obtuvo al restar el valor mínimo del afluente de la gráfica Q1, debido a que este se genera durante la noche a las 0:00, en donde la actividad de la población se considera nula.
- ❖ **Q3**, representa la variación de caudal del agua residual exclusivamente doméstica, generada por la población de Soldados, se obtuvo al restar el caudal teórico de agua residual generado por la población de la gráfica Q2.
- ❖ **Q4**, representa la variación del consumo de agua de la población de Soldados.

Todas estas gráficas están presentes en las **figuras 5.9 y 5.10**, además en el **Anexo 11**, se presenta una tabla en donde están todos los cálculos realizados para obtener estas gráficas.



Figura 5-9: Caudales de la PTAR Soldados



Figura 5-10: Caudal de Aguas Residuales Domésticas de la PTAR Soldados

En conclusión, el agua que llega a la PTAR Soldados está conformada de la siguiente manera:

- ❖ Apenas el 8% ($16.00\text{m}^3/\text{día}$) de total de agua que llega a la planta, es agua residual doméstica proveniente de las 34 viviendas del área de estudio de Soldados.
- ❖ El 57% ($119.57\text{m}^3/\text{día}$) es agua de infiltración, se debe a que la planta está en una zona del páramo andino, lo que implica una abundante cantidad de agua presente en el suelo.

- ❖ El 35% ($73.16\text{m}^3/\text{día}$) es agua de riego, se debe también a que la zona cuenta con riego por inundación y aspersión, lo que provoca el ingreso del agua a través de los pozo y uniones. En la **Tabla 5-6** presenta estos valores.

| CAUDAL TOTAL | | | |
|----------------------|-------------------------------------|-------------|-------------|
| TIPO DE AGUA | VOLUMEN ($\text{m}^3/\text{día}$) | L/s | % |
| Agua residual | 16.00 | 0.19 | 8 % |
| Agua de infiltración | 119.57 | 1.38 | 57 % |
| Agua de riego | 73.16 | 0.85 | 35 % |
| Total | 208.73 | 2.42 | 100% |

Tabla 5-6: Composición del Caudal que llega a la PTAR Soldados

Análisis de Resultados

El Agua Residual generada por la población de Soldados, es de 0,19 L/s que representa el 8% del total de agua que llega a la planta. Este caudal se correlacionó con datos recolectados en la encuesta sanitaria.

El Agua de Infiltración teórico se estimó considerando la norma boliviana de alcantarillado sanitario, obteniendo un valor de 1.25 l/s que difiere un 9% del caudal obtenido del análisis de la curva de variación (1.38 L/s).

Para esta planta se estimó el caudal de riego mediante la norma del IEOS, obteniendo un valor de 0.136 l/s que difiere del valor obtenido de la curva de variación en un 84% (0.85 L/s).

5.1.3 Temperatura

Para medir la temperatura del agua residual que llega a esta planta, se utilizó un termómetro manual (ver **Anexo 12**), durante 24 horas los días 15 y 16 de Junio del 2014, estos valores se representan en la **Figura 5-11** con una variación horaria.

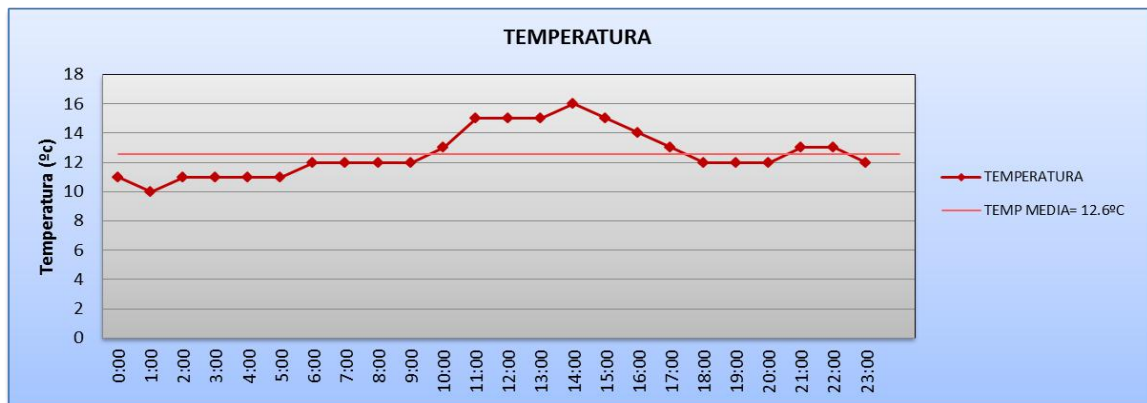


Figura 5-11: Variación de la Temperatura del agua residual de la PTAR Soldados

Los valores máximos, medios y mínimos de la temperatura del agua residual de la planta se presentan en la **Tabla 5-7**, se genera una variación de 6°C entre el máximo y mínimo, este se debe a varias razones:

- ❖ La presencia de gran cantidad de agua de infiltración y riego, que entran en contacto con el agua doméstica disminuyendo la temperatura.
- ❖ La ubicación de la planta, se encuentra en una zona alta 3300m.s.n.m. en donde existe variaciones notables de temperaturas entre el día y la noche, lo que regula la temperatura del agua de la red alcantarillado.



| TEMPERATURA | | HORA |
|--------------------|----------|-------|
| Temperatura Máxima | 16 °C | 14:00 |
| Temperatura Media | 12,63 °C | |
| Temperatura Mínima | 10 °C | 1:00 |

Tabla 5-7: Temperatura Máxima, Media y Mínima del Agua Residual de la PTAR Soldados

5.1.4 Cargas Contaminantes de la PTAR

Debido a que esta planta dispone de un tratamiento biológico, se necesita de tiempo, para que los microorganismos y plantas acuáticas realicen su metabolismo, transformando la materia orgánica de origen doméstico en compuestos derivados como: dióxido de carbono, metano, ácidos grasos, glucosa aminoácidos y demás compuestos. Para poder conocer la eficiencia de la remoción de contaminantes que presenta el agua residual, se realizó un muestreo en tres puntos de interés:

- ❖ Ingreso a la planta.
- ❖ Salida de la fosa séptica.
- ❖ Descarga en el efluente.

Se consideran estos tres lugares con el fin de conocer como está trabajando cada unidad, fosa séptica y humedal.

La muestra compuesta se la realizó los días 16 y 17 de Junio del 2014, en un día soleado, con fuertes vientos y ausencia de lluvia. Los resultados proporcionados por el laboratorio de Saneamiento de ETAPA EP se encuentra en el (**Anexo 14**), en la **Tabla 5-8**: se muestra los resultados obtenidos y comparaciones de acuerdo a la norma del TULAS (**Anexo 16**).

| Parámetro | Unidades | Entrada a la PTAR | Salida de la Fosa Séptica | Salida de la PTAR | Máximo Permitido (TULAS) | Remoción | Observaciones |
|----------------------------|------------|-------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------|----------|---------------|
| DBO5 | mg/l | 33 | <20 | <10 | 100 | 70 | CUMPLE |
| DQO | mg/l | 149 | 38 | 35 | 250 | 77 | CUMPLE |
| Fósforo Total | mg/l | 1.45 | 0.69 | 0.52 | 10 | 64 | CUMPLE |
| Nitrógeno Amoniacal | mg/l | 3.3 | 1.8 | 2.25 | 15 | 32 | CUMPLE |
| S. Sedimentables | ml/l | 1.5 | 0.00 | 0.5 | 1 | 67 | CUMPLE |
| S. Suspendidos | mg/l | 53 | 15 | 29 | 100 | 45 | CUMPLE |
| S. Totales | mg/l | 162 | 95 | 90 | 1600 | 44 | CUMPLE |
| Coliformes Totales | NMP/100 ml | 7.90E+05 | 4.90E+05 | 7.90E+04 | Remoción > 99.9% | 90 | NO CUMPLE |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 ml | 2.70E+05 | 1.70E+05 | 1.70E+04 | Remoción > 99.9% | 94 | NO CUMPLE |
| Alcalinidad Total | mgCaCO3/l | 40.74 | 38.59 | 49.31 | | | |
| pH | | 6.96 | 6.66 | 6.9 | | | |

Tabla 5-8: Resultados del Análisis de Muestras Compuestas de la PTAR Soldados

Análisis de Resultados

El agua cruda que llega a la PTAR Soldados según Metcalf & Eddy (**Anexo 15**), es un agua residual doméstica que tiene una concentración débil de contaminantes. Para comparar la calidad del agua residual en nuestro medio, nos referimos a la Norma de Calidad Ambiental y Descargas de Efluentes (TULAS). Ver **Anexo 16**.

- ❖ En nuestro medio, son comunes valores de DBO de 100 mg/l y DQO de 250 a 300 mg/l (**Tabla 2-1**). Como se puede observar en la **Tabla 5-8** los

valores encontrados, son particularmente inferiores, lo que se justifica cuando se trata agua diluida ya que solo el 8% es agua residual doméstica.

- ❖ La DQO es 4.51 veces más que la DBO, está gran diferencia se debe a la influencia de agua de riego (35%) y subterránea (57%), lo que genera un agua residual abundante en materia orgánica no oxidable biológicamente.
- ❖ La presencia de sólidos en suspensión o material orgánico, es muy común en este tipo de aguas debido a su origen (caudal de riego), teniendo valores de 162 mg/l en la entrada, lo que es aceptable considerando el valor establecido por la Norma (1600mg/l), además las unidades de tratamiento ayudan a reducir el 44% (72mg/l) quedando 90mg/l que son descargados en el efluente. ver **Figura 5-12**.
- ❖ Como se puede observar en la **Figura 5-12**, la DQO que entra a la planta es de 149mg/l y se produce una reducción considerable del 75% (111mg/l) en la fosa séptica, pasando 38mg/l al humedal, en donde la reducción es del 2% (3mg/l), lo que significa un funcionamiento correcto de las unidades con respecto a este parámetro.

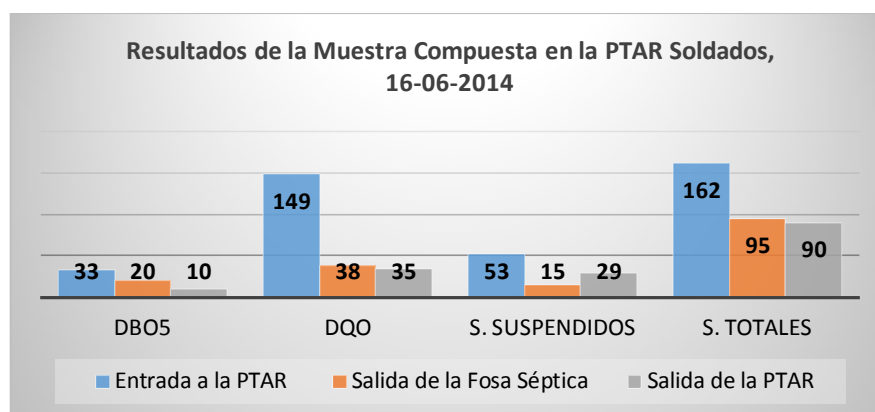


Figura 5-12: Resultados de la Muestra Compuesta en la PTAR Soldados (l)

Como se observa en la **Figura 5-12**, existe remoción en todos los parámetros representados, y están por debajo de los valores establecidos por el TULAS.

En lo referente a los sólidos suspendidos y sedimentables (Ver **Figura 5-12**, **Figura 5-13**), existe una disminución considerable en la fosa séptica y un leve aumento después de pasar por el humedal. Esto se puede dar por razones como:

- ❖ El material orgánico sedimentado en la tubería, es resuspendido durante el proceso de muestreo.
- ❖ Ingreso de material externo (inorgánico), debido a que la estructura donde se tomó esta muestra se encuentra expuesta a la intemperie.

El fósforo total (**Figura 5-13**), disminuye debido a que son nutrientes o bioestimuladores que los microorganismos lo incorporan a su tejido celular⁶⁰. Se da una reducción del 82% (0.76mg/l) en la fosa séptica y un 18% (0.17mg/l) en el humedal, descargando una concentración de 0.52mg/l.

Por limitaciones en los laboratorios, no se pudo determinar el nitrógeno total kjedahl, por lo que se optó por medir el nitrógeno amoniacal, la baja concentración de este contaminante en el afluente, determinaría el régimen alimenticio de la población. Existe una remoción considerable en la fosa séptica y un ligero aumento de este parámetro en el humedal. Ver (**Figura 5-13**).

⁶⁰ Metcalf & Eddy, 97-100

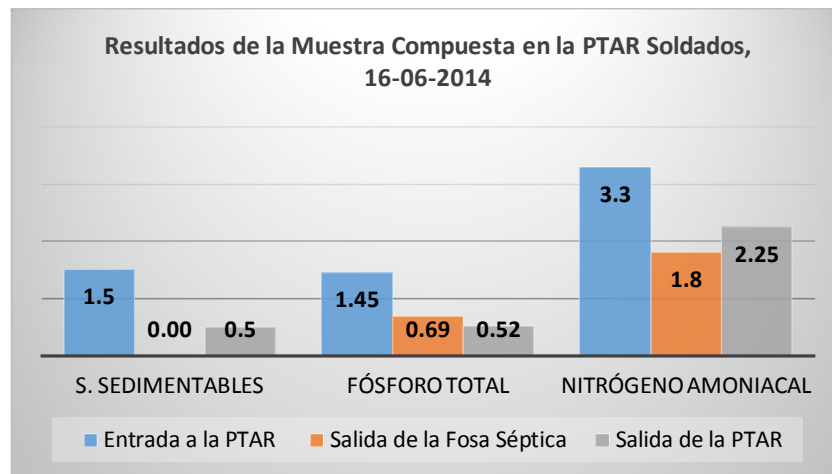


Figura 5-13: Resultados de la Muestra Compuesta en la PTAR Soldados (II)

Para los coliformes totales ver (Figura 5-14), se da una remoción total del 90% ($1.01\text{E}+06$ NMP/100 ml), en donde el 27% es retenido en la fosa y el 63 % en el humedal lo que demuestra la eficiencia de cada unidad, resultando un valor residual de $7.90\text{E}+04$, de igual manera para los coliformes termotolerantes la remoción es del 94% ($3.53\text{E}+05$ NMP/100 ml) con porcentajes del 27% y 67% en cada unidad dando un valor residual $1.70\text{E}+04$. Aunque la remoción es notable, no alcanzaría para cumplir la Norma, debido a que esta establece una remoción del 99.9%, lo que implicaría realizar un tratamiento terciario.

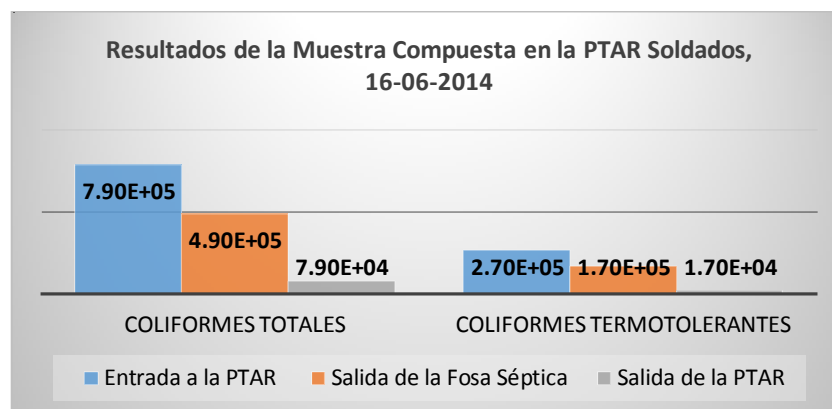


Figura 5-14: Resultados de la Muestra Compuesta en la PTAR Soldados (III)

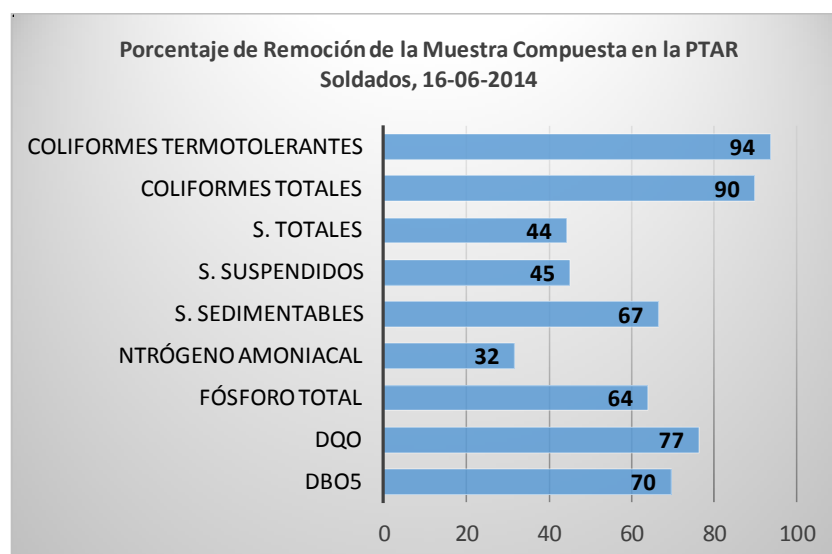


Figura 5-15: Porcentaje de Remoción de la Muestra Compuesta en la PTAR Soldados



En conclusión (**Figura 5-15**), existe una remoción del 70% DBO₅, 77% DQO, 64% fósforo total, 32% nitrógeno, 44% sólidos totales, 67% sólidos sedimentables, 45% sólidos suspendidos, 90% coliformes totales y 94% coliformes termotolerantes, luego de pasar por las unidades de esta planta, aunque la gran mayoría de los parámetros medidos cumplen la Norma del TULAS para vertidos en efluentes de agua dulce, se debe considerar otro tratamiento para la eliminación de coliformes.

Balance de Masas

A fin de verificar volúmenes o caudales de agua que ingresa a la planta proveniente de riego e infiltración, se realiza el siguiente balance de masas considerando valores típicos de cargas de DBO Y DQO presentados en la **Tabla 4-2**.

Por lo que, se utilizó la **ecuación 4**, y se asumió valores de acuerdo a la **Tabla 4-2**:

❖ DBO:

Q₁ = Caudal de agua residual doméstica (**0,19 L/s**)

C₁ = DBO típica de un agua residual doméstica (**300 mg/L**)

Q₂ = Caudal de agua de riego más infiltración (**2.29 L/s**)

C₂ = DBO típica de un agua poco contaminada (**10 mg/L**)

Q_T = Caudal del afluente (**2.48 L/s**)

C_T = DBO del afluente (**33 mg/L**)

$$Q_1 C_1 + Q_2 C_2 = Q_T C_T$$

$$300 * 0.19 + 2.29 * 10 = 2.48 * 33$$

$$79.9 \approx 81.8$$

Se da una diferencia del 2% entre los valores totales del análisis, lo que significa que el valor de las DBO del agua de infiltración y riego esta entre el rango de 10 a 11mg/L.

❖ DQO:

Q₁ = Caudal de agua residual doméstica (**0,19 L/s**)

C₁ = DQO típica de un agua residual doméstica (**1000 mg/L**)

Q₂ = Caudal de agua de riego más infiltración (**2.29 L/s**)

C₂ = DQO típica de un agua poco contaminada (**75 mg/L**)

Q_T = Caudal del afluente (**2.48 L/s**)

C_T = DQO del afluente (**149 mg/L**)

$$Q_1 C_1 + Q_2 C_2 = Q_T C_T$$

$$1000 * 0.19 + 2.29 * 75 = 2.48 * 149$$

$$361.75 \approx 369.52$$

Se da una diferencia del 2.1% entre los valores totales del análisis, lo que significa que el valor de las DQO del agua de infiltración y riego esta entre el rango de 75 a 78 mg/L.

En conclusión, al realizar el balance de masas con valores tipos de DBO y DQO, demostramos que el agua está diluida, debido a que ingresa agua de riego e infiltración.

5.2 PTAR Churuguzo

5.2.1 Evaluación de la Infraestructura Física de la PTAR

5.2.1.1 Vista preliminar de la planta

Esta planta, comprende un área de 4181.60m², que se encuentra ubicada al margen de la vía, que conecta el centro parroquial de Victoria del Portete con la ciudad de Cuenca, el ingreso del agua se da por diferentes pozos y cámaras de paso, hasta llegar a la fosa séptica para el tratamiento anaerobio y continua a los humedales artificiales con plantas acuáticas (totoras), además de estas estructuras de funcionamiento, la planta dispone un lecho de secado de lodos para la deshidratación a cielo abierto y de casetas que se utilizan como bodegas, Ver **Figura 5-16**.



Figura 5-16: Vista Preliminar, PTAR Churuguzo

5.2.1.2 Funcionamiento

Para comprender de mejor manera como ingresa el agua a esta planta, es necesario ver el siguiente esquema (**Figura 5-17**):

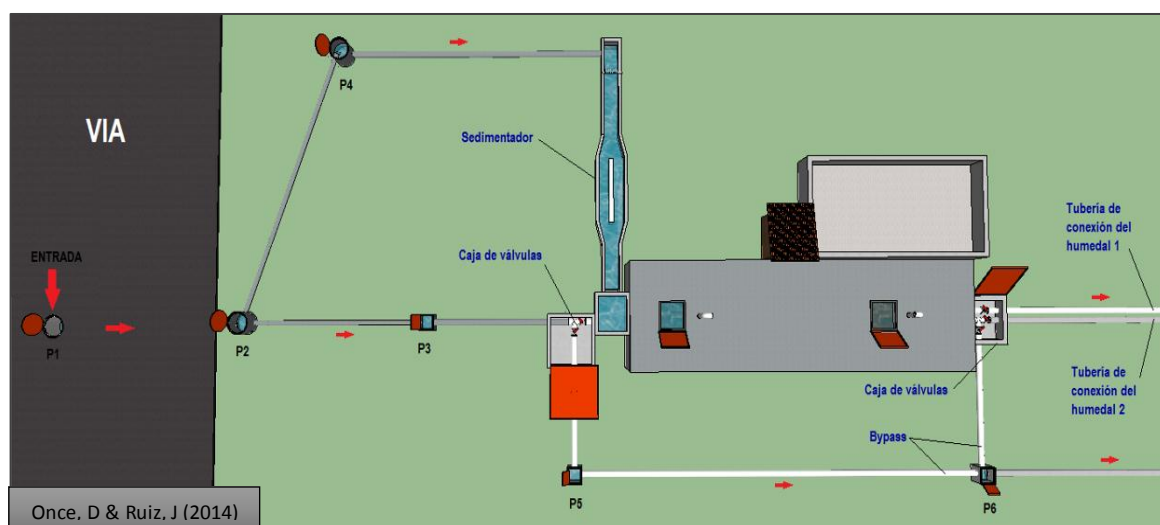


Figura 5-17: Esquema de Funcionamiento de la PTAR Churuguzo

La red de alcantarillado que abastece a esta planta, termina en el pozo P1, el cual cambia la dirección del flujo con sentido hacia la planta, este pozo P1 se conecta



con el pozo P2, a través de una tubería de HS de ϕ 200mm, el pozo P2 es un pozo de vertedero que se caracteriza por dividir el agua en dos caudales, el primero circula hacia P3, es un flujo que sobrepasa el vertedero, el segundo se dirige hacia P4, que pasa por debajo del vertedero, todas estas conexiones se realizaron con tubería de PVC de ϕ 200mm. El primer caudal pasa a través del pozo P3, hacia una caja de válvulas que regulan el ingreso del agua y en caso de excesos se puede desviar a través de un bypass, mientras que el segundo caudal pasa a través del pozo P4 hacia un sedimentador, que dispone de una rejilla en la entrada para la retención del material grueso.

El agua de los dos caudales, converge en un pequeño tanque junto a la fosa séptica, e ingresa a esta a través de un orificio de ϕ 200mm, el agua tratada por la fosa, ingresa a una caja de válvulas antes de dirigirse a los humedales, esta válvula regula la cantidad de agua que debe pasar a los humedales, presenta un bypass en caso de exceso. El agua que ingresa a los humedales, lo hace a través de una tubería de PVC ϕ 160mm perforada, y es recolectada en su parte inferior por una tubería de las mismas características. El efluente es descargado directamente a una quebrada, que se conecta al río Tarquí.

Esta planta, presenta dos sistemas de válvulas, que regulan el ingreso del afluente hacia la fosa y humedal, el primer sistema de válvulas ubicado antes de la fosa debe permanecer abierto para el ingreso del afluente a la fosa y cerrado para el bypass, lo que no sucede, provocando una salida del agua sin tratamiento por el bypass, al igual el segundo sistema de válvulas ubicado después de la fosa, debe permanecer abierto hacia el humedal y cerrado hacia el bypass, lo que si ocurre. Los sistemas de válvulas son operados por el personal de ETAPA EP, pero debido a la ubicación de la planta la revisión no es rutinaria.

5.2.1.3 Estructuras

Pozos

Esta planta comprende seis pozos que facilitan la distribución y conexión de las tuberías de entrada y salida de la misma, de los cuales:

- ❖ **P1:** Pozo de llegada (final) de la red de alcantarillado, con una entrada con tubería de HS de ϕ 200mm y una salida al pozo P2 de HS ϕ 200mm.
- ❖ **P2:** Pozo de vertedero, para dividir las aguas en dos caudales, con dos salidas de PVC de ϕ 200mm a los pozos P3 y P4.
- ❖ **P3:** Pozo de paso del primer caudal, que se conecta con la caja de válvulas, con una tubería de PVC de ϕ 200mm. Este pozo contiene dos entradas adicionales de PVC de ϕ 110mm, proveniente de casas aledañas a la planta.
- ❖ **P4:** Pozo de cambio de dirección del segundo caudal, que se conecta con el sedimentador, mediante una tubería de PVC de ϕ 200mm.
- ❖ **P5, P6:** Pozos del bypass de la planta, que se conectan con las cajas de válvulas.

Sedimentador

Esta estructura tiene 0.71m de ancho, 8.50m de largo y 1m de profundidad, se construyó con la finalidad de retener el material grueso proveniente de las aguas residuales, para lo cual dispone una rejilla en la entrada. Ver **Figura 5-18**.

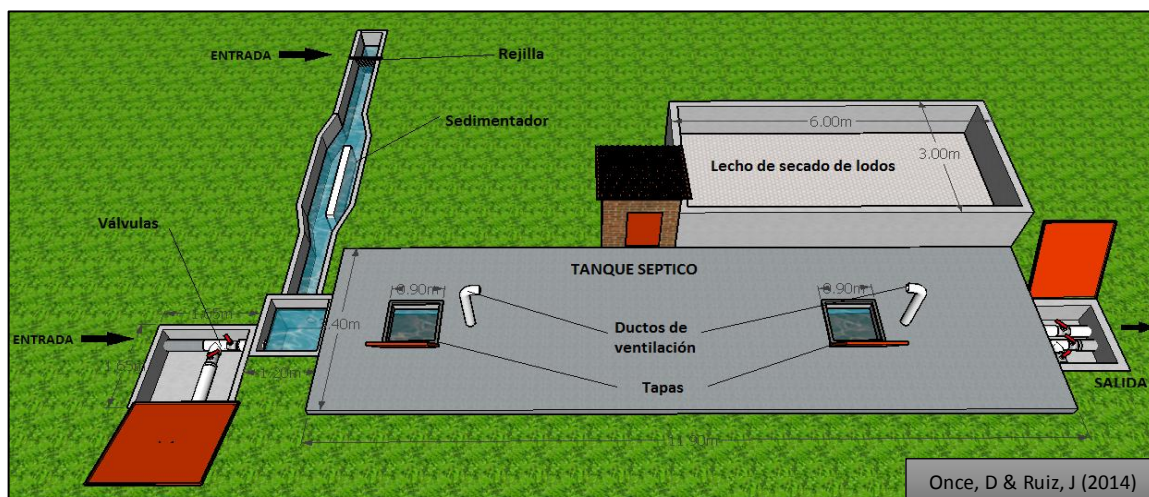


Figura 5-18: estructura de sedimentación, PTAR Churuguzo

Fosa Séptica

Es una estructura de 3.40m de ancho, 11.90m de largo, y 2.70m de profundidad, compuesta por una tapa de hormigón armado de 0.15m de espesor, en la cual se presenta dos tapas de revisión de 0.90x0.90m y dos ductos de ventilación para la liberación de gases generados en su interior que dispone de una pantalla de hormigón ubicada a 8m desde la entrada, esta pantalla divide la fosa en dos cámaras de tratamiento, la primera por donde ingresa el agua sirve como un sedimentador secundario, el agua permanece parcialmente en reposo y empieza el tratamiento anaerobio, formando espumas y el lodo residual por la acción de los microorganismos; las dos cámaras se conectan a través de dos tuberías de PVC de ϕ 110mm ubicadas a 2m medido desde el fondo. La segunda cámara ayuda a aumentar el tiempo de retención disminuyendo la cantidad de material orgánico y contaminantes presentes en el agua residual. Ver **Figura 5-19**.

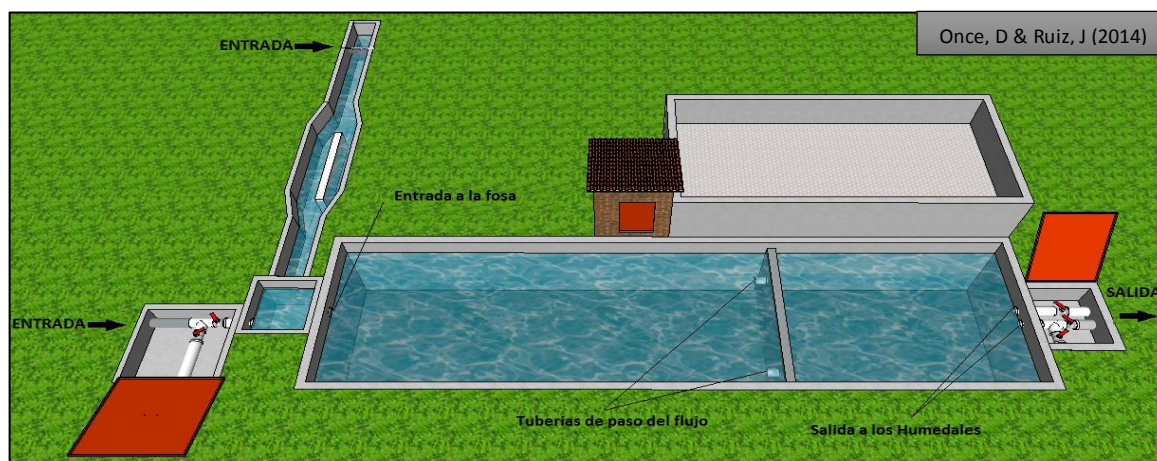


Figura 5-19: Segundo esquema de la fosa séptica, PTAR Churuguzo

Humedales

Esta planta presenta dos humedales artificiales de igual dimensión 25m de ancho, 34.5m largo, y 1.5m de profundidad, construidos en paralelo, que recibiendo el agua en la parte superior a través de una tubería de ϕ 160mm perforada, una vez que el agua ha atravesado el humedal, es recolectado por una tubería de las mismas características, que lleva el agua a un pozo para la evacuación al efluente (quebrada), además existe plantas acuáticas para la asimilación de la materia orgánica y un lecho de material granular de soporte. En la **Figura 5-20** se presenta un esquema de los humedales.

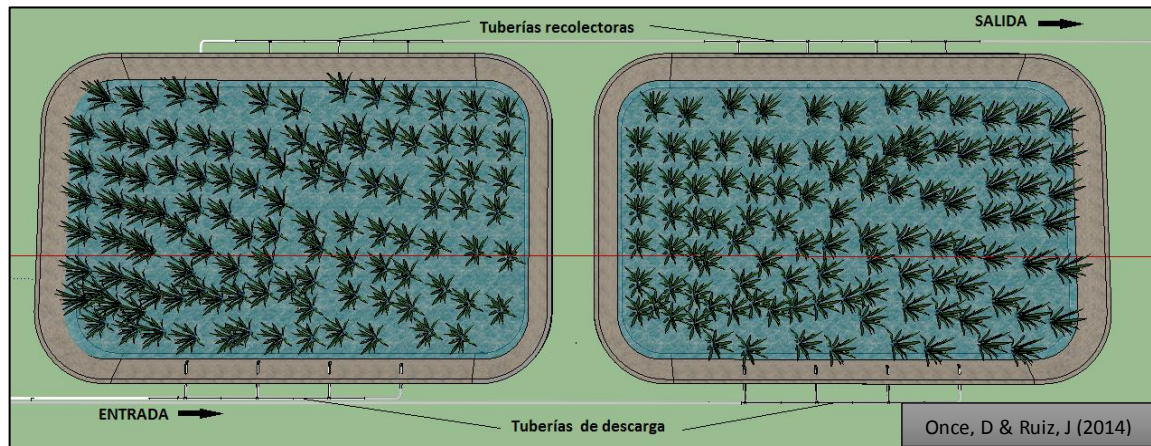


Figura 5-20: Humedales, PTAR Churuguzo

5.2.1.4 Problemas

- ❖ Esta planta, se encuentra cerca de lugares poblados generando malestar por los malos olores llevados por los vientos del norte, esto se genera más en temporada seca, el poblado más afectado es San Pedro de Escaleras.
- ❖ La planta se encuentra a cielo abierto siendo propensas a la caída de hojas de los arbustos cercanos, así como de basura inorgánica.
- ❖ Existe un inconveniente en el pozo de vertedero P2, debido a que en caso de flujo turbulento el material grueso pasa directamente a la fosa sin ningún tratamiento de sedimentación.
- ❖ Existe obstrucción de los ductos de ventilación de la fosa séptica, provocado por la población aledaña a la planta para evitar la salida de malos olores, lo que genera una acumulación de gases en el interior de la fosa. Ver **Anexo 18**.
- ❖ En época de lluvia, el agua ingresa por los pozos de revisión y paso de la red de alcantarillado, lo que aumenta el afluente que llega a la planta (ver **Anexo 19**).
- ❖ La vegetación que está en los humedales, se encuentra completamente deteriorada, es decir no ha recibido un mantenimiento y limpieza rutinaria, lo que ha provocado un crecimiento excesivo de las totoras, y de otro tipo de plantas como pastizales, dificultando el paso del flujo de agua, anulando el funcionamiento real de los humedales, (ver **Anexo 20**).
- ❖ El bypass de esta planta, está en constante funcionamiento debido a una falla en las válvulas, es decir existe agua que llega al cuerpo receptor sin ningún tipo de tratamiento, (ver **Anexo 21**).

5.2.1.5 Obras Emergentes

- ❖ Es necesario realizar una limpieza de los humedales debido a que existe abundante material orgánico sedimentado, lo que favorece a la proliferación de vegetación ajena al sistema de tratamiento (pastizales).
- ❖ Realizar la reconstrucción del geotextil, que impermeabiliza los humedales, debido a que se encuentra roto y deteriorado, lo que provoca infiltración de agua residual en el suelo, o ingreso del agua de riego al humedal.
- ❖ Una revisión completa de la red de alcantarillado, existe ingreso de agua de riego y aguas lluvia en puntos no determinados.
- ❖ Revisar el estado de las válvulas que regulan la salida del agua por el bypass, debido a que se evacúa agua sin tratar.

5.2.2 Caudales

Para estimar el caudal de agua residual que genera la población y el caudal de agua que llega a la planta de tratamiento, se procedió de la siguiente manera:

- ❖ Se utilizó parámetros de diseño basados en la encuesta sanitaria, para estimar el caudal sanitario de llegada a la planta.
- ❖ Midiendo el caudal real que ingresa a la planta durante 24 horas con una estructura (vertedero).

5.2.2.1 Caudal Teórico

Para conocer el caudal que llega a la planta en forma teórica, es necesario calcular el caudal de diseño de la red de alcantarillado sanitario existente, para lo cual se debe conocer ciertos parámetros como:

- ❖ Población Servida por la Red de Alcantarillado (P)
- ❖ Dotación de Agua Potable (q)
- ❖ Coeficiente de Retorno (R)
- ❖ Coeficiente de Mayoración (M)
- ❖ Caudal de Infiltración (Q_{if})
- ❖ Caudal de Ilícito (Q_l)

Población (P)

La población servida por la PTAR Churuguzo es de 699 habitantes

Dotación de Agua Potable (q)

El consumo de agua potable para la población servida por la PTAR Churuguzo, se ha estimado gracias al trabajo de campo, en el que se han considerado factores principales como: el clima, los hábitos y nivel de vida de la población, naturaleza y tamaño de la comunidad, entre otros aspectos necesarios para estimar la dotación de agua recibida. Ver **Tabla 5-9**.

| Contribución | Actividades | Dotación | Unidad | Fuente | Dotación L/hab/día |
|--------------------------------|----------------------------|----------|-----------|--------------------|--------------------|
| Uso Doméstico | Lavado de Ropa | 15 | L/hab/día | CEPIS | 15 |
| | Limpieza del Hogar | 9 | L/Fam/día | CEPIS | 1.8 |
| | Preparación de alimentos | 10 | L/hab/día | CEPIS | 10 |
| | Lavado de Platos | 6 | L/hab/día | CEPIS | 6 |
| | Bebida | 2 | L/hab/día | CEPIS | 2 |
| | Uso de Ducha | 15 | L/hab/día | CEPIS | 15 |
| | Lavado de Dientes | 5 | L/hab/día | T Depuc Ingeniería | 5 |
| | Lavado de manos y cara | 5 | L/hab/día | CEPIS | 5 |
| | Lavado de Vehículo | 30 | L/Fam/día | Agua y Desagüe | 0.39 |
| | Descarga al Excusado | 10 | L/hab/día | T Depuc Ingeniería | 10 |
| | Riego de Jardines y Patios | 5 | L/Fam/día | ETAPA EP | 1 |
| Uso Comercial | Perdidas eventuales | 12 | L/hab/día | CEPIS | 12 |
| | Restaurantes(2) | 50 | L/día | SAE | 0.21 |
| | Salas de recepciones (1) | 10 | L/día | T Depuc Ingeniería | 0.01 |
| | Latonería (1) | 150 | L/veh/día | ETAPA EP | 0.21 |
| | Mecánica (1) | 150 | L/veh/día | ETAPA EP | 0.21 |
| | Panadería (1) | 50 | L/día | T Depuc Ingeniería | 0.07 |
| | Tienda (2) | 30 | L/día | T Depuc Ingeniería | 0.04 |
| Uso Industrial | Papelería (1) | 30 | L/día | T Depuc Ingeniería | 0.04 |
| | Granja de Cuyes (1) | 50 | L/día | SAE | 0.07 |
| Uso Institucional | Iglesias (1) | 10 | L/hab/mes | ETAPA EP | 0.01 |
| | Escuelas (1) | 80 | L/día | INAA | 0.11 |
| | Subcentro de salud (1) | 60 | L/día | SAE | 0.09 |
| Dotación Promedio: (L/hab/día) | | | | | 84.3 |

Tabla 5-9: Dotación de Agua del área de influencia de la PTAR Churuguzo



- ❖ Para el lavado de ropa, la guía para el diseño de sistemas de alcantarillado del CEPIS, recomienda un consumo entre los 10-15 L/hab/día, se optó una dotación de 15L/hab/día, debido a que en la población de Victoria del Portete 699 (98%) de las 144 viviendas encuestadas, disponen de lavador o tanque de lavado de ropa. La población de las 3 viviendas restantes son locales comerciales o restaurantes que no tienen.
- ❖ La dotación asumida para la limpieza del hogar es de 9L/hab/día obtenido de las recomendaciones del CEPIS (2-9 L/hab/día), se consideró este valor debido a que el 76% de las viviendas son de ladrillo bloque o madera, y dispone de losas de piso de hormigón con acabados de cerámica y el 24% son de adobe que no tienen losas de hormigón.
- ❖ El uso del agua para la preparación de alimentos, se considera similar en zonas urbanas como rurales, por lo que se optó por asumir 10L/hab/día, valor recomendado por CEPIS.
- ❖ En climas fríos, el consumo de agua como bebida es menor, por lo que se consideró una dotación de 2L/hab/día, recomendada por CEPIS
- ❖ Para el uso de la ducha, se considera una dotación de 15L/hab/día, debido a que en promedio la población acostumbra a bañarse cuatro veces por semana.
- ❖ Para el aseo personal en lavado de dientes y manos, se considera valores de 5 L/hab/día para cada actividad, recomendado por las Técnicas de Depuración de Ingeniería, estos valores se adoptan a las condiciones socio económicas de la población.
- ❖ El consumo de agua para el lavado del vehículo, es mínima (0.39 L/hab/día), porque existe un reducido número de familias que disponen de vehículo 6% (9 viviendas).
- ❖ El 100% de las viviendas poseen inodoro y se consideró una dotación de 10L/hab/día recomendado por las Técnicas de Depuración de Ingeniería, debido a que los retretes antiguos descargan una mayor cantidad de agua que los modernos.
- ❖ Se considera una dotación de 5L/fam/día para el riego de plantas y jardines, recomendado por ETAPA EP. En Victoria del Portete, una familia promedio tiene 5 miembros lo que da una dotación de 1L/hab/día.
- ❖ Para poder estimar la cantidad de agua que se pierde o se desperdicia debido a descuidos, se ha optado por la recomendación del CEPIS de 12L/hab/día.
- ❖ En lo que comprende a: restaurante, panaderías, papelerías, mecánicas, tienda, iglesia, subcentro de salud y escuelas, se consideró valores que se encuentran en la **Tabla 5-9**; estos valores se asumieron por recomendaciones de ETAPA EP y las Técnicas de Depuración de Ingeniería, relacionando este valor con el total de población que utiliza estos servicios.

Factor de Retorno (R)

Para la estimación de este parámetro, se realizó un análisis considerando los equipos sanitarios en las viviendas, es decir inodoros, lavamanos duchas y más. En la **Tabla 5-10**, se hace un análisis del total de elementos sanitarios y de eso cuantos están conectados.

| ELEMENTOS | | CONECTADOS A LA RED |
|----------------------|-------|---------------------|
| INODOROS | 208 | 180 |
| LAVAMANOS | 196 | 175 |
| DUCHAS | 168 | 165 |
| FREGADEROS DE COCINA | 170 | 170 |
| LAVADOR DE ROPA | 151 | 120 |
| | 893 | 810 |
| | % 100 | 91 |

Tabla 5-10: Factor de Retorno, PTAR Churuguzo

Del 100% del agua dotada para cada vivienda el 91% regresa a la red, esto se debe a que el 91% de los equipos sanitarios de las viviendas se encuentran conectados a la red y el 9% están aislados o conectados a pozos sépticos o letrinas.

Coeficiente de Variación de Consumo (M)

Debido a que no se cuenta con datos de caudales a lo largo de un año, se estimó el valor de K1 considerando valores recomendados para la ciudad de Cuenca ($K1=1.3$), mientras que para calcular el coeficiente K2, se considera la relación de caudal máximo para el caudal medio diario, medido en la planta ver **Figura 5-21**.

$$K=6.34/4.61 = 1.37$$

$$M= 1,3 \times 1,37 = 1.781$$

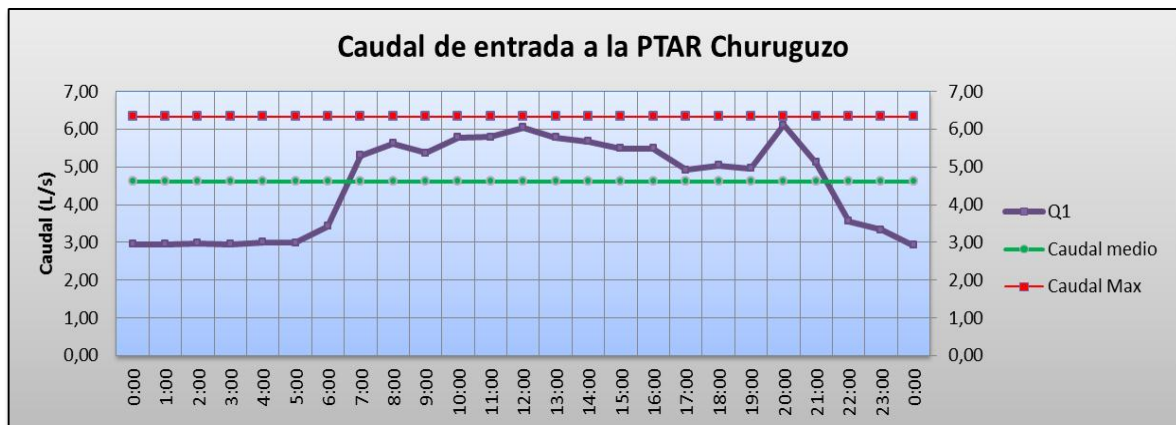


Figura 5-21: Coeficiente de Variación de Consumo, Churuguzo

Caudal de Infiltración (Qi)

En la **Tabla 5-3**, se recomienda tasas de infiltración en base al tipo de tubería, al tipo de unión y la situación de la tubería respecto a las aguas subterráneas.

Este sistema de alcantarillado está constituido por tuberías de Hormigón con una longitud aproximada de 3.5 Km y presenta un nivel freático alto, debido a que se ubica en una zona plana que es irrigada por el río Tarqui.

La Norma establece un caudal de infiltración de 0.8 l/s/km. Para tuberías de hormigón simple.

Dónde:

A = Valor de la Norma.

B= Longitud de la red (Km)

$$Q_{If} = A * B$$

$$Q_{If} = 0.8 * 3.5 = 2.8 \text{ l/s}$$

Caudal Ilícito (Q_I)

En Churuguzo, Victoria del Portete, el 7% de las viviendas ingresan el agua procedente de patios (10 viviendas), y el 6% ingresa el agua procedente de cubiertas (9 viviendas), esta problemática se presenta más, en la zona céntrica de la parroquia. En la **Figura 3-34** se presenta esta distribución.

Además, por el trabajo de campo se constató ingreso de agua procedente del riego, para relacionar este caudal con un valor teórico se aplicó la norma de IEOS (80 l/hab/día), empleando la siguiente ecuación:

$$Q_{ilic} = \frac{80 * P}{86400}$$

$$Q_{ilic} = \frac{80 * 699}{86400} = 0.647 \text{ l/s}$$

Por lo tanto, el caudal teórico de entrada a la PTAR Churuguzo es:

$$Q_{dAR} = PqR * M + Q_i + Q_I$$

$$Q_{dAR} = \frac{699 * 84.3 * 0.91 * 1.37}{86400} + 2.8 + 0.647$$

$$Q_{dAR} = 0.85 + 2.8 + 0.647$$

$$Q_{dAR} = 4.3 \text{ l/s}$$

5.2.2.2 Caudal Real

Para conocer el caudal que llega a esta planta, se construyó un vertedero triangular, el cual se instaló en la cámara de sedimentación que presenta esta planta, se construyó de madera de 0.71m de alto, 0.42m de ancho y con un corte triangular a 90° grados, se midió la altura del agua que pasa a través del vertedero utilizando un sensor de presión, que trabaja acoplado a un equipo para muestreo automático ISCO, el mismo que proporciona lecturas instantáneas de la altura de agua (H), ver **Figura 5.22**.

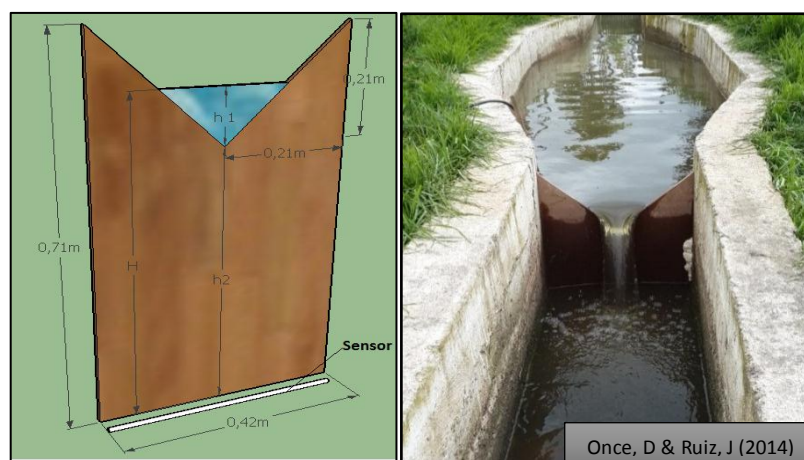


Figura 5-22: Medición del Caudal Real en el Ingreso de la Planta Churuguzo

Una vez obtenido los datos de caudales, se realizó un análisis gráfico de la variación del caudal instantáneo a lo largo del día, lo que se representa en la siguiente gráfica **Figura 5-25**.

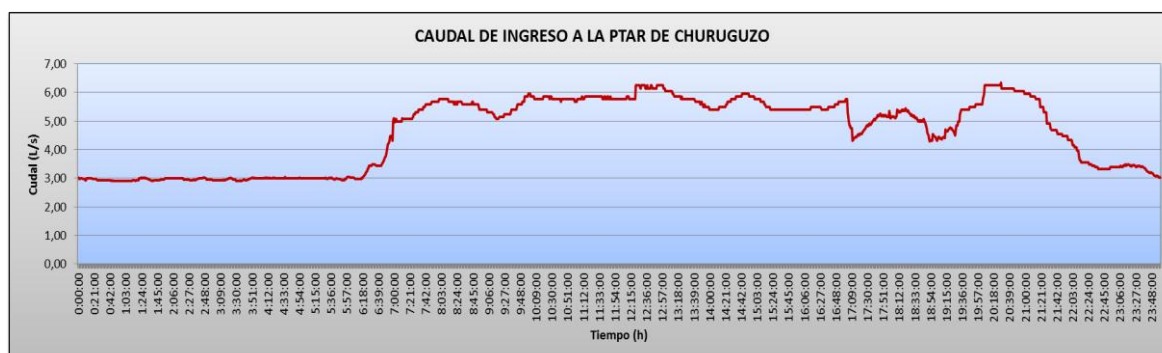


Figura 5-23: Caudal Instantáneo de Ingreso a la PTAR Churuguzo

En donde el caudal máximo instantáneo de entrada es de 6.34 L/s, el mínimo es 2.90 L/s y el caudal medio es de 4.61 L/s; como se puede observar en la **Tabla 5-11**:

| CAUDAL INSTANTÁNEO | |
|--------------------|----------|
| Caudal Máximo | 6,34 L/s |
| Caudal Medio | 4,61 L/s |
| Caudal Mínimo | 2,90 L/s |

Tabla 5-11: Caudal Máximo, Medio y Mínimo Instantáneo

Para realizar el análisis de variación de caudal, se procesó los datos en intervalos horarios, durante las 24 horas, los resultados se presentan en la **Tabla 5-12** y en la **Figura 5-25** se muestra la gráfica de esta variación.

| DATOS | | | | | | |
|-------|---------|-----|--------|------|-------|-------------|
| h2 = | 500 | mm | | | | |
| h3= | 25 | mm | | | | |
| h4= | 475 | mm | | | | |
| C= | 0,6 | | | | | |
| Hora | H total | h1 | Caudal | | HORA | TEMPERATURA |
| h | mm | mm | m3/s | L/s | (h) | (°C) |
| 0:00 | 560 | 85 | 0,0029 | 2,95 | 21:30 | 15 |
| 1:00 | 560 | 85 | 0,0029 | 2,95 | 22:30 | 15 |
| 2:00 | 560 | 85 | 0,0030 | 2,97 | 23:30 | 14 |
| 3:00 | 560 | 85 | 0,0030 | 2,95 | 0:30 | 14 |
| 4:00 | 560 | 85 | 0,0030 | 3,00 | 1:30 | 13 |
| 5:00 | 560 | 85 | 0,0030 | 2,98 | 2:30 | 13 |
| 6:00 | 565 | 90 | 0,0034 | 3,42 | 3:30 | 14 |
| 7:00 | 582 | 107 | 0,0053 | 5,30 | 4:30 | 14 |
| 8:00 | 584 | 109 | 0,0056 | 5,62 | 5:30 | 14 |
| 9:00 | 583 | 108 | 0,0054 | 5,37 | 6:30 | 15 |
| 10:00 | 586 | 111 | 0,0058 | 5,78 | 7:30 | 15 |
| 11:00 | 586 | 111 | 0,0058 | 5,80 | 8:30 | 15 |
| 12:00 | 588 | 113 | 0,0060 | 6,04 | 9:30 | 14 |
| 13:00 | 586 | 111 | 0,0058 | 5,77 | 10:30 | 15 |
| 14:00 | 585 | 110 | 0,0057 | 5,68 | 11:30 | 15 |
| 15:00 | 583 | 108 | 0,0055 | 5,48 | 12:30 | 15 |
| 16:00 | 583 | 108 | 0,0055 | 5,48 | 13:30 | 16 |
| 17:00 | 579 | 104 | 0,0049 | 4,93 | 14:30 | 16 |
| 18:00 | 580 | 105 | 0,0050 | 5,04 | 15:30 | 16 |
| 19:00 | 579 | 104 | 0,0050 | 4,97 | 16:30 | 15 |
| 20:00 | 588 | 113 | 0,0061 | 6,11 | 17:30 | 14 |
| 21:00 | 580 | 105 | 0,0051 | 5,12 | 18:30 | 14 |
| 22:00 | 566 | 91 | 0,0036 | 3,56 | 19:30 | 15 |
| 23:00 | 564 | 89 | 0,0033 | 3,33 | 20:30 | 15 |
| 0:00 | 559 | 84 | 0,0029 | 2,92 | 21:30 | 15 |

Tabla 5-12: Datos Horarios de Caudales de Entrada a la PTAR Churuguzo



Figura 5-24: Caudal Instantáneo de Ingreso a la PTAR Churuguzo

La **Figura 5-25** representa la variación del caudal a lo largo del día, se observa que existe un aumento del caudal desde las 7:00 hasta las 21:00 con respecto al resto del día, además existe picos característicos de las horas de mayor consumo a las 12:00 y 20:00 horas y caudales mínimos durante la noche cuando las actividades de la población son prácticamente nulas, el caudal nunca desciende a cero, esto se debe principalmente a que existe un ingreso importante de agua de infiltración y riego a la red de alcantarillado.

Para realizar una estimación de los diferentes caudales que ingresan a la planta a través de la red de alcantarillado, se asumió el siguiente criterio:

- ❖ El agua que ingresa durante altas horas de la noche (0:00 – 05:00), en donde la población no genera actividad se puede considerar como agua de infiltración, generada por el ingreso de agua del suelo a través de la porosidad de la tubería, juntas, uniones, y pozos de revisión.

Además, se debe tener presente, que la zona tiene sistemas de riego por inundación y aspersión, lo que aumenta la cantidad de agua que ingresa a la red.

A continuación, se realizó un análisis considerando estos parámetros en los que se obtuvo gráficas aproximadas de la cantidad de agua generada por cada actividad. Ver **tabla 5.5**.

| TERMINOLOGÍA | |
|--------------|--|
| Q1 | Caudal A.R.D + Caudal de Riego + Caudal de Infiltración |
| Q2 | Caudal A.R.D + Caudal Proveniente de Riego |
| Q3 | Caudal A.R.D (Agua Residual Doméstica) |
| Q4 | Caudal de Dotación de Agua |

Tabla 5-13: Terminología para la Representación de los Caudales que Llegan a la PTAR Churuguzo

- **Q1**, representa la variación de caudal de llegada a la planta, como se observa la mayor actividad de la población se concentra en el día de 7:00 a 21:00, a partir de este rango el caudal disminuye considerablemente de 6.11L/s a 2.92L/s.
- **Q2**, representa el caudal, sin agua de infiltración, esto se obtuvo al restar el valor mínimo de caudal de llegada a la planta de la gráfica Q1, debido a que este se genera durante la noche a las 0:00, en donde la actividad de la población se considera nula.
- **Q3**, representa la variación de caudal del agua residual exclusivamente doméstica generada por la población de servida por esta planta, se obtuvo al restar el caudal teórico de agua residual generado por la población de la gráfica Q2.

- **Q4**, representa la variación del consumo de agua de la población servida por esta planta.

Todas estas gráficas están presentes en las **Figura 5-25 y 5-26**, además en el **Anexo 11**, se presenta una tabla en donde están todos los cálculos realizados para obtener estas gráficas.

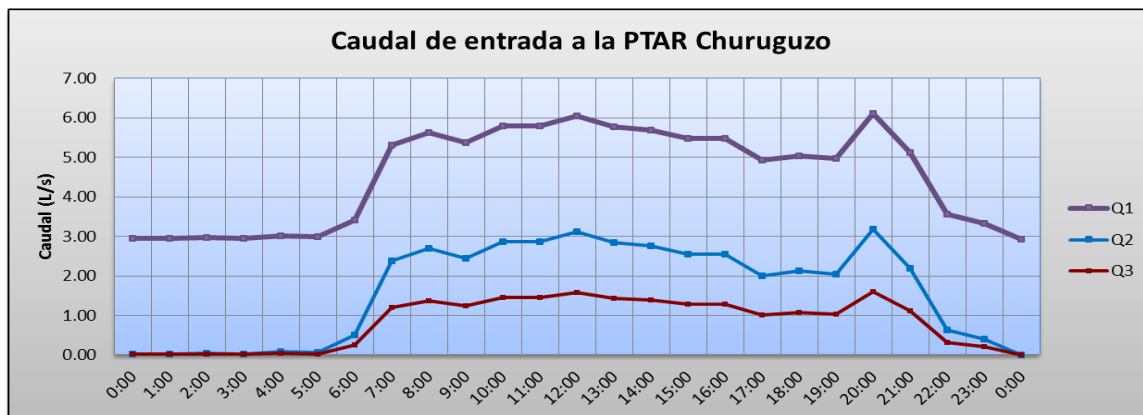


Figura 5-25: Caudales de la PTAR Churuguzo

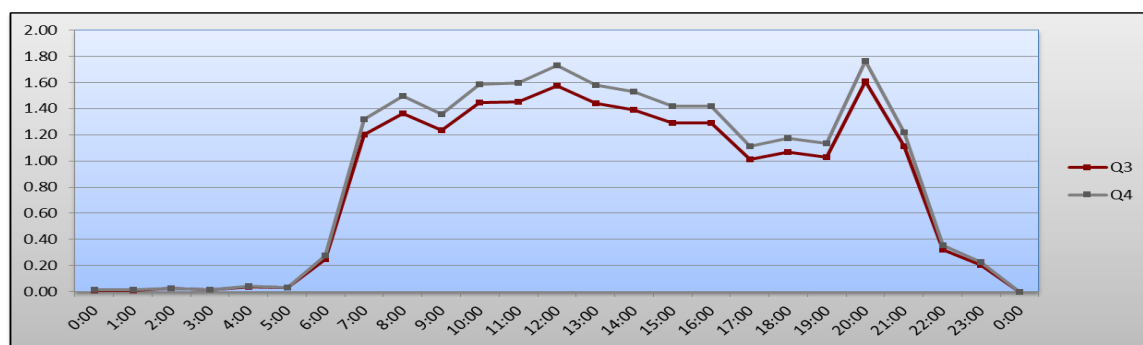


Figura 5-26: Caudal de Aguas Residuales Domésticas de la PTAR Churuguzo

El afluente está conformado de la siguiente manera:

- ❖ El 19% ($73.46\text{m}^3/\text{día}$) es agua residual, proveniente de las 144 viviendas del área de estudio,
- ❖ El 63% ($252.62\text{m}^3/\text{día}$) es agua de infiltración, se debe a que la planta y la red de alcantarillado está en la llanura del río Tarqui, lo que permite acumulación de agua en el suelo en donde se encuentra la tubería de alcantarillado.
- ❖ El 18% ($72.06\text{m}^3/\text{día}$) es agua de riego, se debe a que la zona cuenta con riego por inundación y aspersión lo que provoca el ingreso del agua a través de las conexiones clandestinas no determinadas. Los resultados se presentan a continuación:

| CAUDAL TOTAL | | | |
|----------------------|-------------------------------------|-------------|-------------|
| TIPO DE AGUA | VOLUMEN ($\text{m}^3/\text{día}$) | L/s | % |
| Agua residual | 73.46 | 0.85 | 19 % |
| Agua de infiltración | 252.62 | 2.92 | 63 % |
| Agua de riego | 72.06 | 0.83 | 18 % |
| Total | 398.15 | 4.61 | 100% |

Tabla 5-14: Composición del Caudal que llega a la PTAR Churuguzo

Análisis de Resultados

El Agua Residual que genera la población del área de estudio es de 0,85L/s, representa el 19% del total de agua que llega a la planta. Este caudal se correlacionó con datos recolectados en la encuesta sanitaria.

El Agua de Infiltración teórico se estimó considerando la norma boliviana de alcantarillado sanitario, obteniendo un valor de 2.8L/s, que difiere un 4% del caudal obtenido del análisis de la curva de variación (2.92L/s).

El Caudal Ilícito se calculó con la norma del IEOS, obteniendo un valor de 0.647 l/s que se asemeja al valor derivado de la curva de variación (0.83 L/s). Este caudal se considera proveniente de los sistemas de riego.

5.2.3 Temperatura

La temperatura se midió en forma manual con un termómetro de mercurio, esto se lo realizó cada hora durante 24 horas los días 18 y 19 de Junio del 2014, estos valores se presentan en la **Figura 5-27** y en la **Tabla 5-15** está la variación horaria de la temperatura.

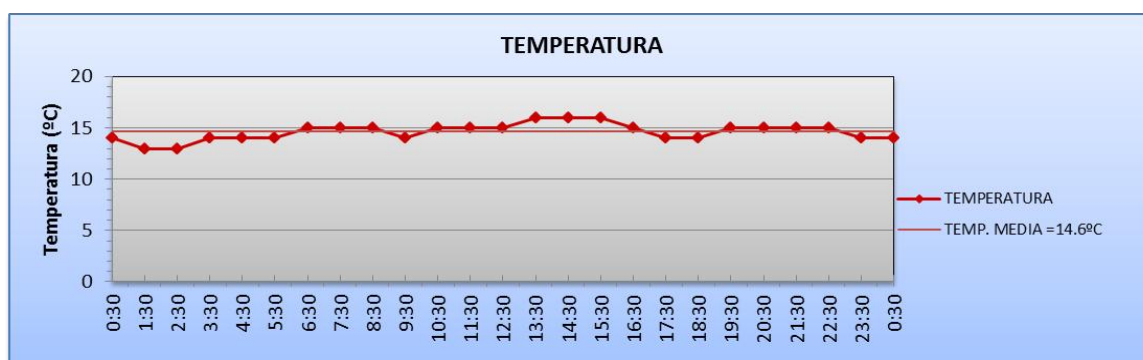


Figura 5-27: Variación de la Temperatura del agua residual de la PTAR Churuguzo

Los valores máximos, medios y mínimos de la temperatura del agua residual se presentan en la **Tabla 5-15**, en donde la variación de la temperatura no es drástica, entre los rangos máximos y mínimos.

| TEMPERATURA | | HORA |
|--------------------|-----------|-------|
| Temperatura Máxima | 16 °C | 14:30 |
| Temperatura Media | 14,63 ° C | |
| Temperatura Mínima | 13 °C | 1:30 |

Tabla 5-15: Temperatura Máxima, Media y Mínima del Agua Residual de la PTAR Churuguzo

5.2.4 Cargas Contaminantes de la PTAR

Debido a que esta planta dispone de un tratamiento biológico, se necesita de tiempo para que los microorganismos y plantas acuáticas realicen su metabolismo, transformando la materia orgánica de origen doméstico en compuestos derivados como: dióxido de carbono, metano, ácidos grasos, glucosa aminoácidos y demás compuestos. Se realizó un muestreo en tres puntos de interés:

- ❖ Ingreso a la planta
- ❖ Salida de la fosa séptica
- ❖ Descarga en el efluente.

Se consideran estos tres lugares con el fin de conocer como están trabajando cada unidad, fosa séptica y humedal.

La muestra compuesta se la realizó los días 18 y 19 de Junio del 2014, en un día nublado con ausencia de lluvia. Los resultados proporcionados por el laboratorio de Saneamiento de ETAPA EP se encuentran en el (**Anexo 25**), además en la **Tabla 5-8**: se muestra los resultados obtenidos y comparaciones de acuerdo la norma establecida por el TULAS.

| Parámetro | Unidades | Entrada a la PTAR | Salida de la Fosa Séptica | Salida de la PTAR | Máximo Permitido (TULAS) | Remoción | Observaciones |
|----------------------------|------------|-------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------|----------|---------------|
| DBO5 | mg/l | 30 | 31 | 12 | 100 | 60 | CUMPLE |
| DQO | mg/l | 174 | 202 | 71 | 250 | 59 | CUMPLE |
| Fósforo Total | mg/l | 1.44 | 1.54 | 1.12 | 10 | 22 | CUMPLE |
| Nitrógeno Amoniacal | mg/l | 6 | 6.3 | 7.5 | 15 | Aumento | CUMPLE |
| S. Sedimentables | ml/l | 1.0 | 1.5 | 0 | 1 | 100 | CUMPLE |
| S. Suspendidos | mg/l | 74 | 172 | 9 | 100 | 88 | CUMPLE |
| S. Totales | mg/l | 268 | 362 | 214 | 1600 | 20 | CUMPLE |
| Coliformes Totales | NMP/100 ml | 1.10E+06 | 1.30E+06 | 1.60E+06 | Remoción > 99.9% | Aumento | NO CUMPLE |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 ml | 1.10E+06 | 2.30E+05 | 1.60E+06 | Remoción > 99.9% | Aumento | NO CUMPLE |
| Alcalinidad Total | mgCaCO3/l | 70.75 | 77.18 | 77.18 | | | |
| pH | | 6.67 | 6.57 | 6.59 | | | |

Tabla 5-16: Resultados del Análisis de Muestras Compuestas de la PTAR Churuguzo

Análisis de Resultados

El agua cruda que entra a la PTAR Churuguzo según Metcalf & Eddy (**Anexo 15**), es un agua residual doméstica que tiene una concentración débil de contaminantes. Para comparar la calidad del agua residual en nuestro medio es recomendable hacer uso de la Norma de Calidad Ambiental y Descargas de Efluentes (TULAS).

- ❖ En Cuenca, es común valores de DBO de 100 y DQO de 250 a 300 (**Tabla 2-1**). en la **Tabla 5-16** estos valores son relativamente inferiores, debido a que se trata de un agua diluida, ya que solo el 19% es agua residual doméstica. La DQO es 5.8 veces más que la DBO lo que demuestra la baja tratabilidad del agua residual con sistemas biológicos tradicionales, está gran diferencia se debe a la influencia de agua de riego (18%) y subterránea (63%). Por lo que la hace muy rica en materia orgánica no oxidable químicamente.

En la **Figura 5-29**, se observa un incremento de la cantidad de sólidos que salen de la fosa séptica, esto se da por:

- ❖ El material orgánico sedimentado en la tubería que es resuspendido durante el proceso de muestreo.
- ❖ Por el arrastre de sedimentos presentes en la fosa séptica, debido a la fuerza del flujo que produce turbulencia.
- ❖ Ingreso de material orgánico (suelo), producto de la inundación que se produjo el 11 de Mayo de 2014 ver **Anexo 25** , en donde colapsó el sistema de la planta, inundando todas las estructuras.

Todas estas razones conllevan a que se produzca un aumento en los sólidos después de la fosa séptica.

- ❖ Como se observa en la **Figura 5-28**, la DQO que llega a la planta es de 174mg/l, la remoción total es del 59% (103 mg/l), aunque se presenta un aumento en la fosa séptica.

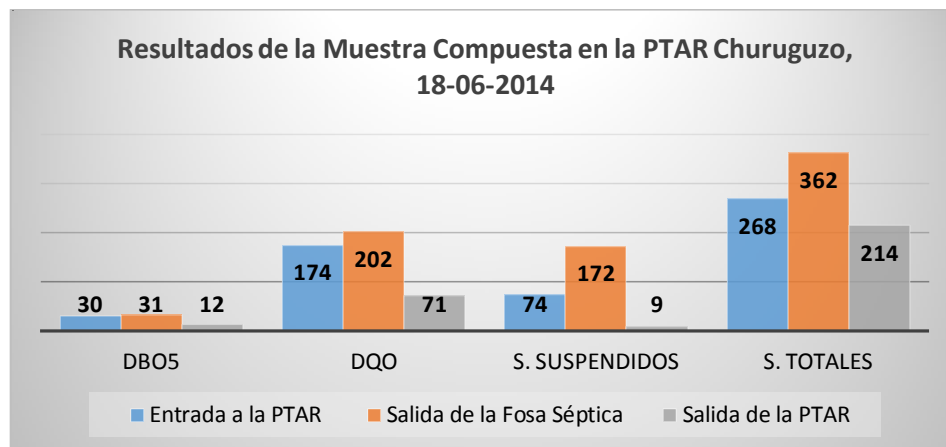


Figura 5-28: Resultados de la Muestra Compuesta en la PTAR Churuguzo (I)

El fósforo total (**Figura 5-29**), disminuye debido a que son nutrientes o bioestimuladores que los microorganismos lo incorporan a su tejido celular⁶¹. Se da una reducción total del 22% (0.32 mg/l), descargando una concentración de 1.12mg/l al efluente.

Por limitaciones en los laboratorios, no se pudo determinar el nitrógeno total kjedahl, por lo que se optó por medir el nitrógeno amoniacal, la concentración de este contaminante en el afluente, determina el régimen alimenticio de la población, además si se observa la **Figura 5-29** se puede ver un incremento del nitrógeno en la descarga final, con respecto a la entrada, esto es más perceptible en el humedal, la razón que conlleva este aumento es la mineralización del nitrógeno contenido en la materia orgánica.

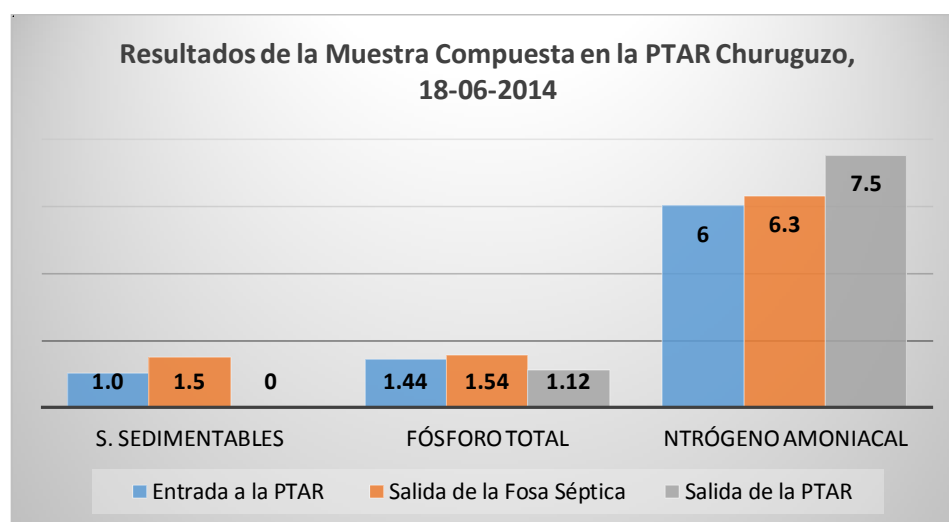


Figura 5-29: Resultados de la Muestra Compuesta en la PTAR Churuguzo (II)

En cuanto a los coliformes totales y termotolerantes, como se puede ver en la **Figura 5-30**, existe un incremento en la descarga final con respecto a la inicial, lo

⁶¹ Metcalf & Eddy, 97-100

que significa un tratamiento nulo de la planta en este parámetro, además existen razones que pueden generar este problema:

- Presencia de animales (ovinos y equinos ver **Anexo 25**) en el interior de la planta, específicamente en la zona de los humedales, los animales se encontraban pastando en el interior de los humedales.
- Mal estado del geotextil que impermeabiliza al humedal, se encuentra roto en las paredes laterales de los dos humedales, lo que genera la salida e ingreso de agua a estas unidades.

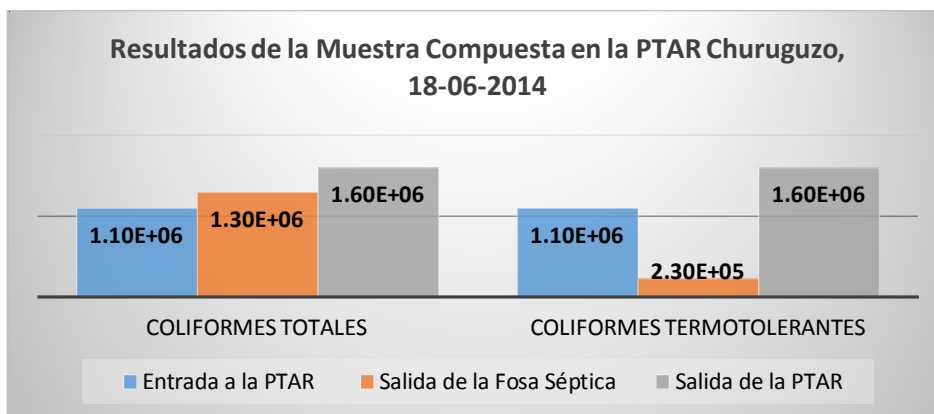


Figura 5-30: Resultados de la Muestra Compuesta en la PTAR Churuguzo (III)

En la **Figura 5-31**, se muestra los porcentajes de remoción que realiza la planta de cada componente medido en el laboratorio.

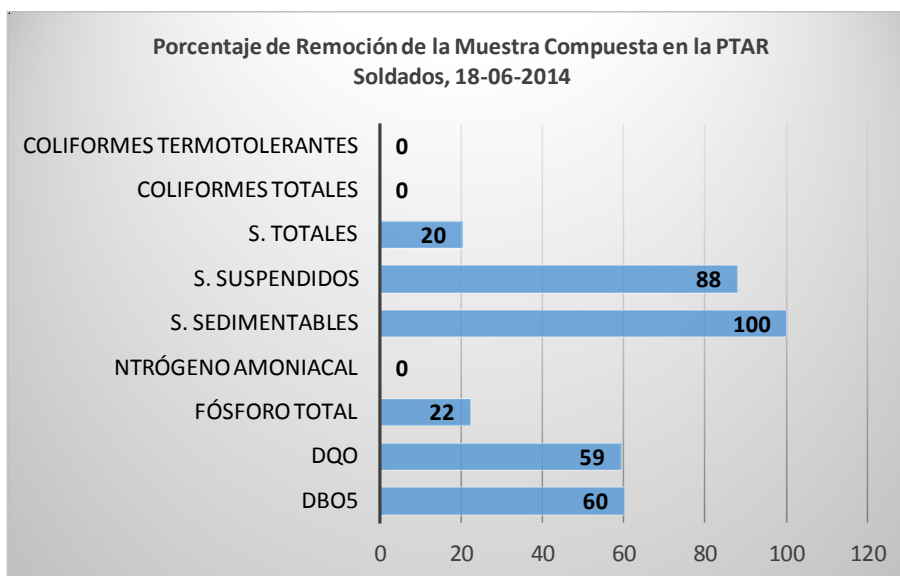


Figura 5-31: Porcentaje de Remoción de la Muestra Compuesta en la PTAR Churuguzo

En conclusión, existe una remoción del 60% DBO₅, 59% DQO, 22% fósforo total, 0% nitrógeno, 20% sólidos totales, 100% sólidos sedimentables, 88% sólidos suspendidos, 0% coliformes, luego de pasar por las unidades de esta planta, aunque la gran mayoría de los parámetros medidos cumplen la Norma del TULAS para vertidos en efluentes de agua dulce, se debe considerar otro tipo de tratamiento para la eliminación de coliformes presentes en esta agua, debido a que es descargada a una quebrada que desemboca en el río Tarqui.

Aunque el estado de las unidades de tratamiento están deterioradas, ayudan a reducir el contenido de contaminantes, más la eficiencia para eliminar



contaminantes importantes como los coliformes no se da, lo que provoca un grave daño al cuerpo receptor, aumentando la probabilidad de la población cercana a contraer enfermedades de origen hídrico, al ponerse en contacto con estas aguas.

Balance de Masas

A fin de verificar volúmenes o caudales de agua que ingresa a la planta proveniente de riego e infiltración, se realiza el siguiente balance de masas considerando valores típicos de cargas de DBO Y DQO presentados en la **Tabla 4-2**.

Por lo que, se utilizó la **ecuación 4**, y se asumió valores de acuerdo a la **Tabla 4-2**:

❖ DBO:

Q_1 = Caudal de agua residual doméstica (**0,85 L/s**)

C_1 = DBO típica de un agua residual doméstica (**150 mg/L**)

Q_2 = Caudal de agua de riego más infiltración (**3.76 L/s**)

C_2 = DBO típica de un agua poco contaminada (**2 mg/L**)

Q_T = Caudal del afluente (**4.61 L/s**)

C_T = DBO del afluente (**30 mg/L**)

$$Q_1 C_1 + Q_2 C_2 = Q_T C_T$$

$$0.85 * 150 + 3.76 * 2 = 4.61 * 30$$

$$135.02 \approx 138.3$$

Se da una diferencia del 2.37% entre los valores totales del análisis, lo que significa que el valor de las DBO del agua de infiltración y riego esta entre el rango de 2 a 3mg/L.

❖ DQO:

Q_1 = Caudal de agua residual doméstica (**0,85 L/s**)

C_1 = DQO típica de un agua residual doméstica (**500 mg/L**)

Q_2 = Caudal de agua de riego más infiltración (**3.76 L/s**)

C_2 = DQO típica de un agua poco contaminada (**100 mg/L**)

Q_T = Caudal del afluente (**4.61 L/s**)

C_T = DQO del afluente (**174 mg/L**)

$$Q_1 C_1 + Q_2 C_2 = Q_T C_T$$

$$0.85 * 500 + 3.76 * 100 = 4.61 * 174$$

$$801 \approx 802.14$$

Se da una diferencia del 0.15% entre los valores totales del análisis, lo que significa que el valor de las DQO del agua de infiltración y riego esta entre el rango de 100 a 101mg/L.

En conclusión, al realizar el balance de masas con valores tipos de DBO y DQO, demostramos que el agua está diluida, debido a que ingresa agua de riego e infiltración.



6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar el trabajo de evaluación de las plantas de depuración de Soldados y Churuguzo, se requiere establecer conclusiones y recomendaciones finales, que determinen mejoras que se les pueden dar a las actuales y futuras plantas que sirvan a las zonas rurales del cantón Cuenca.

6.1 Conclusiones

En los resultados de pruebas y análisis presentados, así como en la recopilación de información de otras plantas de depuración dentro del cantón, se observa que existe eficiencia, aunque no suficiente en la remoción de sólidos, carga orgánica y otros, sin embargo la remoción de organismos de origen fecal no cumple las expectativas, condición que hace pensar que los sistemas de depuración están operando a favor del medio ambiente, pero no de la salud pública, siendo el aspecto microbiológico una cuestión prioritaria en la búsqueda de operaciones y procesos factibles para la eliminación de los mismos.

Las fosas sépticas, presentan un mejor funcionamiento cuando existe un pre tratamiento adecuado. En el caso de las plantas evaluadas, el pre tratamiento existente es una rejilla y cámaras de retención, aunque no son suficientes debido a la gran cantidad de sólidos que transporta, el sistema de alcantarillado que además no posee pendientes favorables, ocasiona la acumulación de dichos sólidos, sumado a la falta de colaboración por parte de los usuarios. Los resultados obtenidos en el efluente de la fosa evidencian la necesidad de una estructura de pre tratamiento como: sedimentador o desarenador, para lograr la eficiencia esperada en la fosa y en toda la planta.

Los humedales, son sistemas bastante eficientes en la remoción de carga orgánica, sin embargo se ve la necesidad de un mecanismo extra que supla la deficiencia que tienen en cuanto a la eliminación de organismos coliformes.

Se ha notado en forma llamativa, la falta de información de los usuarios en la comprensión de la importancia de un sistema sanitario, lo que lleva a niveles realmente alarmantes de falta de colaboración e interés. El sistema de abastecimiento de agua es valorado y estimado, en cambio todo lo referente a agua residual es totalmente ignorado, como componente de higiene personal y vivienda, salud familiar, etc.

6.1.1 PTAR Soldados

En total, 147 habitantes de la comunidad Soldados se encuentran aguas arriba de la planta (**Figura 3-8**), por lo que se encuentran conectados a la red de alcantarillado, existen personas que están fuera del alcance de la red debido a que se encuentra en las zonas bajas del río Yanuncay, por lo tanto se dificulta una conexión por gravedad, por lo que disponen de otra solución de sistemas de tratamiento como: fosa séptica.

La planta no dispone de acceso propio a las instalaciones (**Anexo 5**), por lo que se debe atravesar por terrenos particulares dedicados a la actividad ganadera, además existe antecedentes de inundación de la planta, debido al



desbordamiento del río Yanuncay, lo que ratifica que la planta se encuentra mal ubicada.

Según el análisis gráfico de caudales (**Tabla 5-6**), el afluente que llega a la planta es un agua diluida en donde el 8% (0.19L/s) es agua residual doméstica, el 57% (1.38L/s) es agua de infiltración y el 35% (0.85L/s) es agua ilícita procedente del sistema de riego que dispone el sector, por lo que el caudal del afluente es de 2.42L/s o 208.73 m³/día.

Los parámetros que presentan mayor remoción, son los coliformes totales y termotolerantes del 90% y 94% respectivamente, aunque la remoción es alta, no es suficiente para cumplir la Norma del TULAS (**Anexo 16**).

Esta planta, disminuye el contenido de materia orgánica de origen humano, presente en el agua, la eficiencia general es del 65% (**Figura 5-15**).

6.1.2 PTAR Churuguzo

Por el lugar de ubicación o localización, la planta es propensa a inundaciones como la ocurrida el 11 de mayo de 2014 (**Anexo 2**), deteriorando y colapsando el funcionamiento del sistema.

El agua de riego que se infiltra a la red, es un problema continuo que deberá tomarse en cuenta para la mejora de la planta e inclusive en la construcción de una nueva PTAR, ya que produce el arrastre de materiales flotantes, detritus vegetales, sustancias húmicas y otro tipo de residuos orgánicos, que causan serias obstrucciones en las estructuras de ingreso y salida de la cámara, en las válvulas de control y en las tuberías de alimentación a los humedales, con frecuencia se nota un fuerte depósito de lodo inorgánico en los humedales, que ayudan a la proliferación de plantas no pertenecientes al sistema de tratamiento (**Anexo 8**).

En tiempos de alta precipitación, los humedales sufren un incremento en el nivel del agua y puede esperarse que a corto plazo ocurra una nueva y rápida colmatación del lecho de grava. El sistema primario y secundario de depuración sufre un disturbio total, con alteración de los tiempos de retención y en el desarrollo de los procesos biológicos.

En contadas ocasiones, cuando no se han producido lluvias en el área, el caudal de entrada se mantiene bajo, correspondiente a un sanitario.

Los humedales de esta planta, se encuentran completamente deteriorados presentando roturas en el geotextil que recubre la estructura, además existe sedimentación de material orgánico y lodo en el fondo que ayuda a la proliferación de plantas ajenas al tratamiento como: pastizales (**Anexo 20**).

Según el análisis gráfico de caudales (**Tabla 5-14**), el afluente que llega a esta planta es un agua diluida, en donde el 19% (0.85L/s) se trata de agua residual doméstica generada por la población, el 63% (2.92L/s) es agua de infiltración y el 18% (0.83L/s) es agua procedente del sistema de riego que dispone el sector, por lo que el caudal del afluente es de 4.61L/s o 398.15m³/día.

Existen parámetros que no presentan remoción entre los cuales están: coliformes totales, termotolerantes y nitrógeno amoniacal, este se puede deber a las malas condiciones del humedal (**Figura 5-31**).



Los parámetros que mayor remoción presentan, son los sólidos totales y suspendidos con el 88% y 100% respectivamente (**Figura 5-31**), lo que nos hace pensar que la planta en su totalidad, funciona como un gran sedimentador.

6.2 Recomendaciones

Colocar estructuras de medición y distribución, para los caudales de entrada y de salida de las PTAR's, que permitan una fácil medición y registro, que son indispensables para una evaluación del verdadero funcionamiento de los sistemas.

6.2.1 PTAR Soldados

Se debe instalar una rejilla de entrada, que ayude a la retención del material grueso proveniente del afluente, debido a que en la planta se observa el ingreso de material inorgánico como: fundas plásticas o basura.

Se debe realizar un nuevo cultivo de las plantas acuáticas (**Anexo 8**), o considerar otro tipo de vegetación apropiadas para climas fríos con temperaturas entre los 10 y 16°C.

Es necesario la construcción de canales que ayuden a drenar las aguas de riego provenientes de los terrenos aledaños, para evitar el ingreso por las estructuras de la planta (**Anexo 6**).

6.2.2 PTAR Churuguzo

Se recomienda, una continua vigilancia ya sea en tiempo de lluvias como de estiaje, debido a los caudales superiores a los sanitarios que ingresan en la planta, además de la acumulación de material en los humedales.

Es necesario el corte y limpieza de las totoras presentes en los humedales, debido a que presenta problemas de obstrucción en el flujo (**Anexo 20**).

Revisar el estado de las válvulas que regulan el caudal de entrada, de manera que se evite la salida de agua sin tratamiento debido al mal estado del bypass (**Anexo 21**).

6.2.3 Recomendaciones de operación para pequeñas plantas

Se debe realizar una limpieza general que incluya el barrido de exteriores, remoción de maleza y regado de plantas cada tres meses. Por otro lado, se debe recortar la hierba cada mes.

Semanalmente revisar y poner aceite en todos los candados y bisagras de puertas y tapas. También limpiar todas las losas de los tanques.

Cada semana abrir los pozos donde existen válvulas para retirar cualquier material y limpiarlas con agua, remover el óxido de ser necesario. Abrir y cerrar las válvulas completamente y luego dejarlas en posición de operación. Limpiar las tapas metálicas por dentro y por fuera.

Después de las lluvias, se debe revisar si ha habido rebose de agua, y si es el caso, proceder a limpiar y remover materiales acumulados en la descarga de la



planta al cuerpo receptor, la cual debe extenderse aguas abajo en los tramos donde se observe acumulación de materiales.

6.2.3.1 Rejilla

Remover el material acumulado detrás de las rejillas y colocarlo en baldes plásticos, para lo cual se requieren de herramientas como pala y bailejo. El material inorgánico se puede acumular superficialmente, mientras que el material orgánico debe colocarse en un pozo de secado o zanja.

El espacio entre barrotes debe limpiarse con un rastrillo metálico. Si se encuentran materiales plásticos deben colocarse en tanques de basura para luego entregar al personal de EMAC EP.

6.2.3.2 Fosa Séptica

Para realizar cualquier inspección o reparación es necesario revisar que el tanque esté ventilado. Abrir todas las tapas de inspección y esperar 5 minutos para evitar la inhalación de metano. Previamente la persona que vaya a realizar dicha tarea debe colocarse una mascarilla adecuada y por ningún motivo se debe ingresar al tanque séptico, aún si el nivel de agua es bajo.

La remoción de lodos debe realizarse periódicamente, caso contrario la fosa se satura rápidamente, disminuyendo su eficiencia y la del humedal. La frecuencia con la que se realice la limpieza depende de las características de la comunidad y del cuidado que se le dé al sistema de alcantarillado.

Cada dos semanas se debe medir el nivel del lodo del fondo y la altura de la nata. El nivel máximo permitido de los lodos en esta unidad es de 2/3 de su altura, cuando haya alcanzado dicha altura se debe extraer, para ello se debe seguir los siguientes pasos:

- ❖ Abrir las tapas de los pozos de visita.
- ❖ Abrir el bypass para que el agua no pase por la fosa.
- ❖ Remover los lodos y la capa de natas mediante una bomba.
- ❖ Lavarse las paredes y el fondo con agua limpia a presión y de igual manera los derrames sobre losas y tapas.
- ❖ Comprobar que los pasos entre cámaras estén limpios y volver a operar la fosa.

Después de haber extraído los lodos, no se debe adicionar a la fosa desinfectantes u otras sustancias químicas que puedan perjudicar su funcionamiento.

Los lodos extraídos deben ser rociados con cal tanto para su manejo, transporte y disposición adecuada. Se recomienda enterrarlos en zanjas de unos 60 cm de profundidad.

Después de haber extraído los lodos, no se debe adicionar a la fosa desinfectantes u otras sustancias químicas ya que pueden perjudicar su funcionamiento.



6.2.3.3 Humedal

En relación a los parámetros más relevantes se dictan las siguientes recomendaciones:

El agua debe cubrir todas las partes de la superficie del humedal.

Se debe verificar periódicamente que el agua fluya a través del humedal (Flujo Pistón) y que el aumento de residuos no haya alterado las direcciones.

Cuando el agua no se filtre, se recomienda, generalmente cada 2 o 3 años, remover 1 o 2 metros, de grava, principalmente en la zona de entrada a todo el ancho del humedal, sustituyéndole con material nuevo, o lavando el material con agua limpia a presión.

Para la limpieza del humedal es mejor vaciarlo totalmente; se realiza el cambio o reposición del material usando herramientas como: pico, pala y carretilla.

La reposición se hace a razón de 1,5 a 2m³ y mientras se efectúa la reposición, el caudal del humedal que está en mantenimiento, debe ser desviado al otro filtro que generalmente se lo construye en paralelo.

6.2.3.3.1 Estructuras

Cuando existe aumento considerable del caudal se revisa el sustrato y las estructuras de salida que pueden resultar afectadas.

Cualquier daño, corrosión u obstrucción, debe corregirse lo más pronto posible para prevenir fallos y reparaciones que podrían ser costosos.

6.2.3.3.2 Vegetación

Las plantas del humedal, pueden tolerar cambios temporales en la profundidad del agua, pero debe tenerse cuidado de no exceder los límites de tolerancia de las especies usadas durante períodos largos de tiempo.

La profundidad del agua puede crecer durante los meses fríos, aumentando así el tiempo de retención.

La cubierta vegetal en los humedales, debe mantenerse para desarrollar una capa de tierra en buenas condiciones con sistemas de raíces extensas que resistan a la erosión.

Los nutrientes del agua, son ideales para el desarrollo larval, por lo tanto el control de mosquitos con insecticidas en humedales artificiales, es ineficaz dado que pueden dañar severamente la vegetación emergente.



7 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- ❖ METCALF & EDDY. Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales. Segunda Edición. Editorial Labor, S.A. Barcelona. 1977. 837pp.
- ❖ ORDOÑEZ, Galo. Informes de eficiencia y rendimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y Apuntes de Mantenimiento y Operación de dichos sistemas (ETAPA EP).
- ❖ AREVALO, María. MOROCHO, Paúl. NOVILLO, Patricia. Evaluación de la Planta de Depuración de Agua Residual que sirve a la parroquia Tarqui, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay. (Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Civil), Cuenca 2010.
- ❖ PAUTA, Guillermina. Manual de Teoría y Prácticas de Análisis de Aguas. Universidad de Cuenca. Ecuador. 1998. 145 pp.
- ❖ INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, código de prácticas para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural CPE INEC 5 Parte 9.2:1997 primera revisión. Primera Edición.
- ❖ INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION, Normas para estudio y diseño de sistemas y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes CPE INEC 5 Parte 9-2:1992. Primera Edición.
- ❖ Organización Mundial de la Salud (OMS). Perfil Sanitario del Ecuador. <<http://www.who.int/countries/ecu/es/>> [Consulta: 1 de Marzo de 2014]
- ❖ Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Revista Coyuntural, E-Análisis. <<http://www.inec.gob.ec/inec/revistas/e-analisis4.pdf>> [Consulta: 1 de Marzo de 2014]
- ❖ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Informe sobre Desarrollo Humano 2006. <http://www.undp.org.ni/files/doc/IDH_2006.pdf> [Consulta 2 de Marzo de 2014]
- ❖ Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Módulo de Información Ambiental en Hogares ENEMDU – Diciembre 2013. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares-2013/201401_EnemduAmbientePresentacion.pdf> [Consulta 4 de Marzo de 2014]
- ❖ Wikipedia. Agua Potable y Saneamiento en Ecuador. <http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_potable_y_saneamiento_en_Ecuador> [Consulta 4 de Marzo de 2014]
- ❖ Federación Plurinacional de Turismo Comunitario del Ecuador. Horizontes de Vida de la comunidad Soldados. <http://www.feptce.org/images/stories/contenido/horizonte_de_vida/horizonte-de-vida-soldados.pdf> [Consulta 6 de Marzo de 2014]
- ❖ Gobierno Parroquial Victoria del Portete <<http://www.victoriadelportete.com/>> [Consulta 6 de Marzo de 2014]
- ❖ MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO LIMA-PERU, Manual Técnico de Difusión Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para Albergues en zonas Rurales 2008 <http://www.perueduca.edu.pe/educacion-para-el-trabajo/archivos/aguas-servidas-ctp.pdf> [Consulta 05 Mayo de 2014]



- ❖ LARA, Jaime. Depuración De Aguas Residuales Urbanas Mediante Humedales Artificiales (Tesis de Maestría). Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña. 1999. Disponible en <http://www.aprchile.cl/pdfs/Humedales.pdf> [Consulta 05 de Mayo 2014]
- ❖ Gonzales Félix, Idrovo Diego, San Martín Javier. Modelo Alternativo para la prestación del servicio de agua potable en el área rural del cantón Cuenca: El caso del sistema de agua de Cumbe. 2003 [Consulta 06 de Mayo 2014]
- ❖ <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6087/5/CAPITULO%202.pdf> [Consulta 01 de Julio de 2014]
- ❖ <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.PDF> [Consulta 01 de Julio de 2014]
- ❖ ORELLANA, Jorge A., Caracterizacion de los Liquidos Residuales, Ingenieria Sanitaria – UTN – FRRO http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_08_Caracteristicas_de_Liquidos_Residuales.pdf [Consulta 01 de Julio de 2014]
- ❖ M. ESPIGARES GARCIA Y J.A. PEREZ LOPEZ, Aguas Residuales, Composición, <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/composicion.pdf> [Consulta 01 de Julio de 2014]
- ❖ AMAYA W., CANON O. AVILES O., Control del pH para plantas de tratamiento de aguas residuales, http://www.umng.edu.co/documents/63968/74792/rev14_9.pdf [Consulta 01 de Julio de 2014]
- ❖ Romero Rojas, Jairo Alberto. “Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y principios de diseño”. Santafé de Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000. Impreso.
- ❖ TULAS “Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria”. Libro VI Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Presidencia de la República del Ecuador. Disponible en: <http://www.recaiecuador.com/Biblioteca%20Ambiental%20Digital/TULAS.pdf/LIBRO%20VI%20Anexo%201.pdf> [Consulta 06 de Julio de 2014]
- ❖ Reinoso Moreno, Marjorie. Ed. “Pantanos Artificiales: Se aprendió haciendo. Sistematización de la experiencia de construcción de pantanos artificiales para el tratamiento de aguas residuales en Shushufindi (1998 – 2001)” Graphus: Noviembre 2001. Impreso
- ❖ GONZALEZ, David. Diseño de una planta piloto de agua residuales domésticas para el Conjunto Residencial Matisse, utilizando un Humedal Artificial (Tesis previo a la obtención de título de Ingeniero Civil) disponible



en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1238/1/101772.pdf>
[Consulta 20 de Julio 2014]

- ❖ Llagas, Wilmer y Enrique Gómez. "Diseño de Humedales Artificiales para el Tratamiento de Aguas Residuales en la UNMSM." Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 15, No. 17. 2006. pp. 85-96. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol9_n17/a11.pdf [Consulta 25 de Julio de 2014]



8 ANEXOS

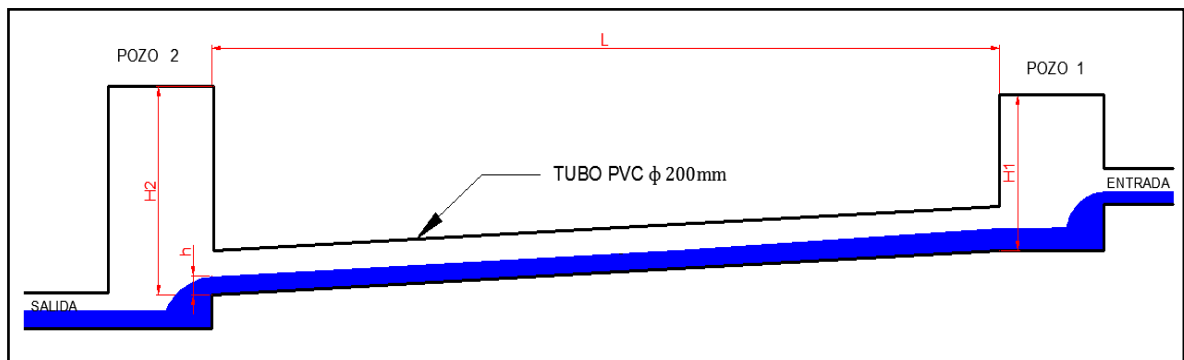
Anexo 1: Formato de la Encuesta Sanitaria

| COMUNIDAD - PARROQUIA, AZUAY | | | | | |
|---|----------------------|--------|--|--|-----------------------------|
| ENCUESTA N°: | | FECHA: | | | |
| Nombre y Apellido del jefe de hogar: | | | | | |
| DATOS DE LA VIVIENDA | | | | | |
| 1 Destino de la Edificación: | Vivienda: | | Comercio: | | Otros: |
| 2 N° de personas: | Permanentes: | | Ocasionales: | | |
| Tercera Edad: | Hombres: | | Mujeres: | | |
| Adultos: | Hombres: | | Mujeres: | | |
| Personas menores 18 años: | Hombres: | | Mujeres: | | |
| 3 Cuenta con Lavamanos: | Si: | | No: | | Cuantos: |
| 4 Cuenta con Duchas: | Si: | | No: | | Cuantos: |
| 5 Cuenta con fregadero de cocina: | Si: | | No: | | Cuantos: |
| 6 Cuenta con lavador de ropa: | Si: | | No: | | Cuantos: |
| 7 Cuenta con inodoro: | Si: | | No: | | Cuantos: |
| 8 Cuenta con jardín o huerta: | Si: | | No: | | Área aproximada: |
| 9 Dispone de desagüe en el Patio: | Si: | | No: | | Área aproximada: |
| 10 Dispone de Canales de Cubierta: | Si: | | No: | | Área aproximada: |
| SERVICIO DE AGUA POTABLE | | | | | |
| 11 Dispone del servicio de agua potable: | Si: | | No: | | |
| 12 Si la respuesta es NO , de donde se abastese: | | | 1. Río 2. Quebrada 3. Pozo 4. Otros especifique | | |
| 13 Quien le brinda el servicio: | Junta: | | ETAPA: | | Otros: |
| 14 La cantidad de agua satisface sus necesidades: | Si: | | No: | | |
| 15 El servicio es continuo: | Si: | | No: | | |
| 16 Si la respuesta es NO , cada que tiempo dispone del servicio: | | | 1m. Sólo en la mañana 1t. Sólo en la tarde 1n. Sólo en la noche 2. Pasando un día 3. Cada dos días 4. Cada tres días 5. Cada semana 6. Periodos mas prolongados | | |
| 17 Cual es su percepción del agua que llega a su casa: (seleccione) | Incolora: | | Inodora: | | Insabora: |
| SERVICIO DE ALCANTARILLADO | | | | | |
| 18 Dispone de servicio de alcantarillado: | Si: | | No: | | |
| 19 Si la respuesta es NO , de que dispone: | Pozo Séptico: | | Letrina: | | |
| HÁBITOS DE LOS USUARIOS | | | | | |
| 20 Qué uso le da al agua de la casa al día: | Lavado de ropa: | | Cocina: | | Lavado de vehículo: |
| | Limpieza de la casa: | | Bañarse: | | Uso de baño: |
| | Bebida: | | | | Riego de jardines o patios: |
| | Otros: | | Especifique: | | |
| ENCUESTADOR: | | | | | |
| 22 El agua del patio va hacia la red: | Si: | | No: | | |
| 23 El agua de la cubierta va hacia la red: | Si: | | No: | | |
| OBSERVACIONES | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

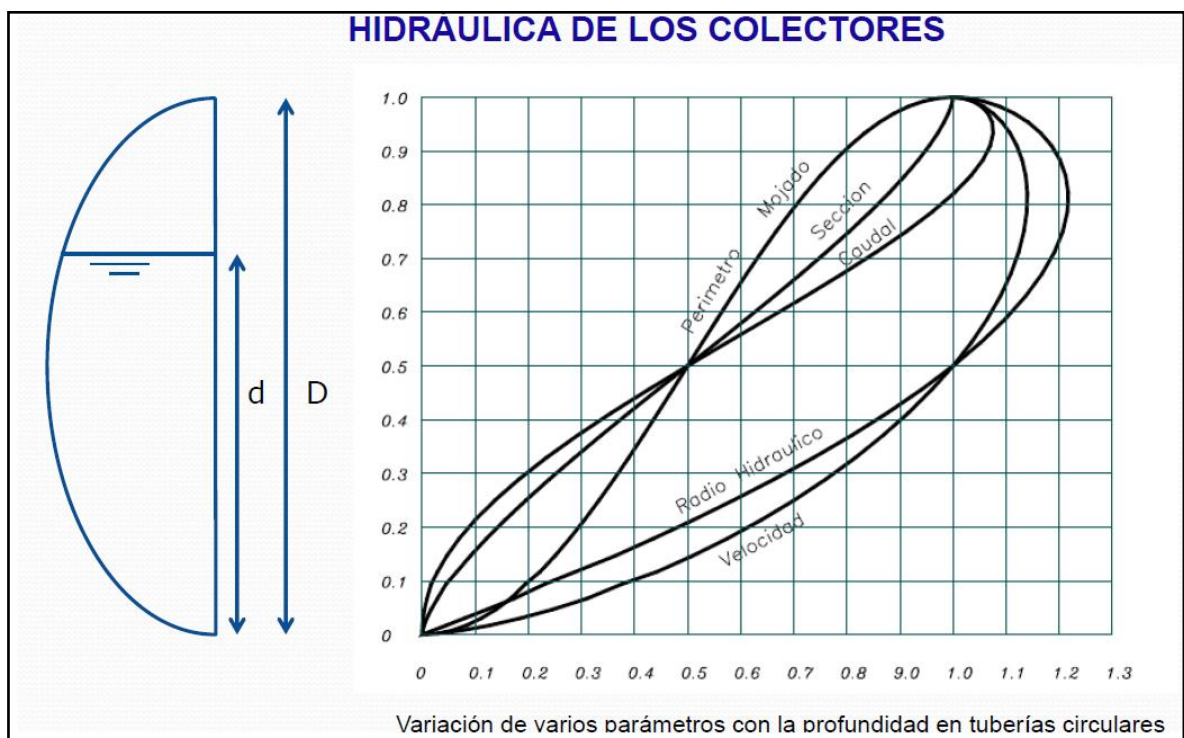
Anexo 2: Inundación de la PTAR de Churuguzo, debido a las altas precipitaciones del mes de Mayo



Anexo 3: Estimación del Caudal de Entrada a la PTAR Soldados



Anexo 4: Hidráulica de los Colectores



Anexo 5: Inaccessibilidad a la PTAR Soldados



Anexo 6: Ingreso de agua de riego a la PTAR Soldados proveniente de los terrenos aledaños



Anexo 7: Inaccessibilidad a la parte central de la fosa séptica de la PTAR Soldados para mantenimiento



Anexo 8: Estado de las Plantas Acuáticas (Totora) en la PTAR Soldados.



Anexo 9: Estado del pozo de salida de la PTAR Soldados



Anexo 10: Medición del Caudal de Agua Residual de la PTAR Soldados



Anexo 11: Tabla de Variación de Caudales de la PTAR Soldados

| TABLA DE VARIACIÓN DE CAUDALES DE LA PTAR SOLDADOS | | | | | | | |
|--|---------|-----------|------------|---------|----------|------------|----------|
| HORA | CAUDAL | Volumen | Caudal inf | Volumen | Residual | Volumen | Dotación |
| (h) | q (l/s) | Litros | q (l/s) | Litros | q (l/s) | Litros | q (l/s) |
| 0:00 | 1.45 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.000 |
| 1:00 | 1.55 | 5397.58 | 0.11 | 190.50 | 0.02 | 34.1844103 | 0.020 |
| 2:00 | 1.55 | 5588.08 | 0.11 | 381.01 | 0.02 | 68.3688205 | 0.020 |
| 3:00 | 1.55 | 5588.08 | 0.11 | 381.01 | 0.02 | 68.3688205 | 0.020 |
| 4:00 | 1.98 | 6350.10 | 0.53 | 1143.02 | 0.09 | 205.106462 | 0.100 |
| 5:00 | 2.26 | 7620.11 | 0.81 | 2413.04 | 0.15 | 433.00253 | 0.153 |
| 6:00 | 2.72 | 8953.64 | 1.27 | 3746.56 | 0.23 | 672.293402 | 0.240 |
| 7:00 | 3.42 | 11049.17 | 1.98 | 5842.09 | 0.35 | 1048.32191 | 0.373 |
| 8:00 | 3.25 | 12001.68 | 1.80 | 6794.60 | 0.32 | 1219.24397 | 0.340 |
| 9:00 | 2.89 | 11049.17 | 1.45 | 5842.09 | 0.26 | 1048.32191 | 0.273 |
| 10:00 | 2.72 | 10096.65 | 1.27 | 4889.57 | 0.23 | 877.399863 | 0.240 |
| 11:00 | 2.40 | 9207.64 | 0.95 | 4000.56 | 0.17 | 717.872615 | 0.180 |
| 12:00 | 2.72 | 9207.64 | 1.27 | 4000.56 | 0.23 | 717.872615 | 0.240 |
| 13:00 | 3.25 | 10731.66 | 1.80 | 5524.58 | 0.32 | 991.347897 | 0.340 |
| 14:00 | 3.07 | 11366.67 | 1.62 | 6159.59 | 0.29 | 1105.29593 | 0.307 |
| 15:00 | 2.89 | 10731.66 | 1.45 | 5524.58 | 0.26 | 991.347897 | 0.273 |
| 16:00 | 3.07 | 10731.66 | 1.62 | 5524.58 | 0.29 | 991.347897 | 0.307 |
| 17:00 | 2.72 | 10414.16 | 1.27 | 5207.08 | 0.23 | 934.37388 | 0.240 |
| 18:00 | 2.89 | 10096.65 | 1.45 | 4889.57 | 0.26 | 877.399863 | 0.273 |
| 19:00 | 3.25 | 11049.17 | 1.80 | 5842.09 | 0.32 | 1048.32191 | 0.340 |
| 20:00 | 2.54 | 10414.16 | 1.09 | 5207.08 | 0.20 | 934.37388 | 0.207 |
| 21:00 | 2.26 | 8636.13 | 0.81 | 3429.05 | 0.15 | 615.319385 | 0.153 |
| 22:00 | 1.55 | 6858.10 | 0.11 | 1651.02 | 0.02 | 296.264889 | 0.020 |
| 23:00 | 1.55 | 5588.08 | 0.11 | 381.01 | 0.02 | 68.3688205 | 0.020 |
| 0:00 | 1.45 | | 0.00 | 190.50 | 0.00 | 34.1844103 | 0.000 |
| | | 208727.65 | | | 89155.34 | 15998.30 | |

| | | |
|------------------------------------|----------|-------|
| Volumen al día de agua residual | 15998.30 | L/día |
| | | |
| Volumen al día de agua de riego | 73157.04 | L/día |
| | | |
| Volumen de consumo de agua potable | 16840.32 | L/día |

Anexo 12: Medición de la temperatura del Agua Residual en las PTAR



Once, D & Ruiz, J (2014)



Anexo 13: Composición de la Muestra Compuesta en la PTAR Soldados



**Anexo 14: Resultado del análisis de muestras compuestas de la PTAR Soldados, otorgado por el laboratorio de saneamiento de ETAPA EP**

| LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568 | Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004 | INFORME DE RESULTADOS Página 1 de 2 |
|---|--|---|
|---|--|---|

FECHA: 2014/06/24 INFORME N°: 315/14

CLIENTE
NOMBRE: ING. PAUL TORRES CLAVIJO
DIRECCIÓN: Panamericana Norte Km 5 ½ - Cuenca

MUESTRA
CODIGO: 315/01-03/14
DESCRIPCIÓN: Agua residual doméstica
PROCEDENCIA: PTAR Soldados
FECHA DE RECEPCIÓN: 2014/06/17
ENTREGADAS POR: Sr. David Once y Sr. Johnny Ruiz

RESULTADOS

| PARAMETRO | METODO | FECHA REALIZACION | UNIDADES | ENTRADA A LA PLANTA 315/01/14 |
|------------------------------|---------------|--------------------------|-------------|----------------------------------|
| ALCALINIDAD TOTAL * | SM 2320 B | 2014/06/17 | mgCaCO3/l | 40.74 |
| DBO5 | PEE/LS/FQ/01 | 2014/06/17 2014/06/22 | mg/l | 33 |
| DQO | PEE/LS/FQ/02 | 2014/06/17 | mg/l | 149 |
| FÓSFORO TOTAL | PEE/LS/FQ/03 | 2014/06/20 | mg/l | 1.45 |
| NITROGENO AMONIAICAL * | SM 4500 NH3 C | 2014/06/20 | mg/l | 3.3 |
| pH * | SM 4500 H B | 2014/06/17 | | 6.96 |
| SÓLIDOS SEDIMENTABLES * | SM 2540 F | 2014/06/17 | ml/l | 1.5 |
| SÓLIDOS SUSPENDIDOS | PEE/LS/FQ/04 | 2014/06/17 | mg/l | 53 |
| SÓLIDOS TOTALES | SM 2540 B | 2014/06/17 | mg/l | 162 |
| COLIFORMES TOTALES * | SM 9221 E | 2014/06/17 2014/06/19 | NMP/ 100 ml | 7.9E+05 |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES * | SM 9221 E | 2014/06/18 2014/06/20 | NMP/ 100 ml | 2.7E+05 |

| PARAMETRO | METODO | FECHA REALIZACION | UNIDADES | SALIDA DE FOSA SÉPTICA 315/02/14 |
|------------------------------|---------------|--------------------------|-------------|-------------------------------------|
| ALCALINIDAD TOTAL * | SM 2320 B | 2014/06/17 | mgCaCO3/l | 38.59 |
| DBO5 | PEE/LS/FQ/01 | 2014/06/17 2014/06/22 | mg/l | ** |
| DQO | PEE/LS/FQ/02 | 2014/06/17 | mg/l | 38 |
| FÓSFORO TOTAL | PEE/LS/FQ/03 | 2014/06/20 | mg/l | 0.69 |
| NITROGENO AMONIAICAL * | SM 4500 NH3 C | 2014/06/20 | mg/l | 1.8 |
| pH * | SM 4500 H B | 2014/06/17 | | 6.66 |
| SÓLIDOS SEDIMENTABLES * | SM 2540 F | 2014/06/17 | ml/l | 0.0 |
| SÓLIDOS SUSPENDIDOS | PEE/LS/FQ/04 | 2014/06/17 | mg/l | 15 |
| SÓLIDOS TOTALES | SM 2540 B | 2014/06/17 | mg/l | 95 |
| COLIFORMES TOTALES * | SM 9221 E | 2014/06/17 2014/06/19 | NMP/ 100 ml | 4.9E+05 |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES * | SM 9221 E | 2014/06/18 2014/06/20 | NMP/ 100 ml | 1.7E+05 |

** La DBO es menor a la esperada, < 20 mg/l

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- "Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"

MC0406-13

**LABORATORIO DE SANEAMIENTO**Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca
Telf : 4175557 - 4175568Laboratorio de Ensayo
Acreditado por el OAE con
Acreditación N°
OAE LE 2C 06-004**INFORME DE
RESULTADOS**

Página 2 de 2

| PARAMETRO | METODO | FECHA REALIZACION | UNIDADES | SALIDA DE LA PLANTA 315/03/14 |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| ALCALINIDAD TOTAL * | SM 2320 B | 2014/06/17 | mgCaCO ₃ /l | 49.31 |
| DBO ₅ | PEE/LS/FQ/01 | 2014/06/17 2014/06/22 | mg/l | ** |
| DQO | PEE/LS/FQ/02 | 2014/06/17 | mg/l | 35 |
| FÓSFORO TOTAL | PEE/LS/FQ/03 | 2014/06/20 | mg/l | 0.52 |
| NITROGENO AMONIACAL * | SM 4500 NH ₃ C | 2014/06/20 | mg/l | 2.25 |
| pH * | SM 4500 H B | 2014/06/17 | | 6.9 |
| SÓLIDOS SEDIMENTABLES * | SM 2540 F | 2014/06/17 | ml/l | 0.5 |
| SÓLIDOS SUSPENDIDOS | PEE/LS/FQ/04 | 2014/06/17 | mg/l | 29 |
| SÓLIDOS TOTALES | SM 2540 B | 2014/06/17 | mg/l | 90 |
| COLIFORMES TOTALES * | SM 9221 E | 2014/06/17 2014/06/19 | NMP/ 100 ml | 7.9E+04 |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES * | SM 9221 E | 2014/06/18 2014/06/20 | NMP/ 100 ml | 1.7E+04 |

** La DBO es menor a la esperada, < 10 mg/l.
SM: STANDARD METHODS, Edición 22

| PARÁMETRO | DBO ₅ | DQO (>100) | DQO (<100) | FÓSFORO TOTAL | SÓLIDOS SUSPEND. | SÓLIDOS TOTALES |
|---------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
| INCERTIDUMBRE | 18.12 % (95 %, k=1.96) | 12.7% (95 %, k=1.96) | 13.05% (95 %, k=1.99) | 9.04% (95 %, k=1.96) | 10.76% (95 %, k=1.96) | 17.21 % (95 %, k=1.96) |

Atentamente,

Dra. Rocío Tenorio T.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO (E)

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- "Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"

MC0406-13



Anexo 15: Caracterización del Agua Residual, según Metcalf & Eddy

| CONTAMINANTES | mg/l | CONCENTRACIÓN | | |
|--|------|---------------|-------|-------|
| | | FUERTE | MEDIA | DÉBIL |
| Sólidos, en total | mg/l | 1200 | 700 | 350 |
| Disueltos, en total | mg/l | 850 | 500 | 250 |
| Fijos | mg/l | 525 | 300 | 145 |
| Volátiles | mg/l | 325 | 200 | 105 |
| Suspendidos, en total | mg/l | 350 | 200 | 100 |
| Fijos | mg/l | 75 | 50 | 30 |
| Volátiles | mg/l | 275 | 150 | 70 |
| Sólidos sedimentables (ml/l) | mg/l | 20 | 10 | 50 |
| Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días 20°C | mg/l | 300 | 200 | 100 |
| Carbono orgánico total (COT) | mg/l | 300 | 200 | 100 |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | mg/l | 1000 | 500 | 250 |
| Nitrógeno (total como N) | mg/l | 85 | 40 | 20 |
| Orgánico | mg/l | 35 | 15 | 8 |
| Amoniaco libre | mg/l | 50 | 25 | 12 |
| Nitritos | mg/l | 0 | 0 | 0 |
| Nitratos | mg/l | 0 | 0 | 0 |
| Fósforo (total P) | mg/l | 20 | 10 | 6 |
| Orgánico | mg/l | 5 | 3 | 2 |
| Inorgánico | mg/l | 15 | 7 | 4 |
| Cloruros | mg/l | 100 | 50 | 30 |
| Alcalinidad CaCO ₃ *) | mg/l | 200 | 100 | 50 |
| Grasa | mg/l | 150 | 100 | 50 |

Fuente: (Metcalf - Eddy, 1977)



Anexo 16: Límites de Descarga a un Cuerpo Receptor de Agua Dulce (TULAS)

| Parámetros | Expresado como | Unidad | Límite máximo permisible |
|--|--------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Aceites y Grasas. | Sustancias solubles en hexano | mg/l | 0,3 |
| Alkil mercurio | | mg/l | No detectable |
| Aldehídos | | mg/l | 2,0 |
| Aluminio | Al | mg/l | 5,0 |
| Arsénico total | As | mg/l | 0,1 |
| Bario | Ba | mg/l | 2,0 |
| Boro total | B | mg/l | 2,0 |
| Cadmio | Cd | mg/l | 0,02 |
| Cianuro total | CN ⁻ | mg/l | 0,1 |
| Cloro Activo | Cl | mg/l | 0,5 |
| Cloroformo | Extracto carbón cloroformo ECC | mg/l | 0,1 |
| Cloruros | Cl ⁻ | mg/l | 1 000 |
| Cobre | Cu | mg/l | 1,0 |
| Cobalto | Co | mg/l | 0,5 |
| Coliformes Fecales | Nmp/100 ml | | ⁸ Remoción > al 99,9 % |
| Color real | Color real | unidades de color | * Inapreciable en dilución: 1/20 |
| Compuestos fenólicos | Fenol | mg/l | 0,2 |
| Cromo hexavalente | Cr ⁺⁶ | mg/l | 0,5 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) | D.B.O ₅ . | mg/l | 100 |
| Demanda Química de Oxígeno | D.Q.O. | mg/l | 250 |
| Dicloroetileno | Dicloroetileno | mg/l | 1,0 |
| Estaño | Sn | mg/l | 5,0 |
| Fluoruros | F | mg/l | 5,0 |
| Fósforo Total | P | mg/l | 10 |
| Hierro total | Fe | mg/l | 10,0 |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | TPH | mg/l | 20,0 |
| Manganeso total | Mn | mg/l | 2,0 |
| Materia flotante | Visibles | | Ausencia |
| Mercurio total | Hg | mg/l | 0,005 |
| Níquel | Ni | mg/l | 2,0 |
| Nitratos + Nitritos | Expresado como Nitrógeno (N) | mg/l | 10,0 |



| Parámetros | Expresado como | Unidad | Límite máximo permisible |
|-----------------------------|--|--------|--------------------------|
| Nitrógeno Total Kjeldahl | N | mg/l | 15 |
| Organoclorados totales | Concentración de organoclorados totales | mg/l | 0,05 |
| Organofosforados totales | Concentración de organofosforados totales. | mg/l | 0,1 |
| Plata | Ag | mg/l | 0,1 |
| Plomo | Pb | mg/l | 0,2 |
| Potencial de hidrógeno | pH | | 5-9 |
| Selenio | Se | mg/l | 0,1 |
| Sólidos Sedimentables | | ml/l | 1,0 |
| Sólidos Suspendidos Totales | | mg/l | 100 |
| Sólidos totales | | mg/l | 1 600 |
| Sulfatos | SO ₄ ⁼ | mg/l | 1000 |
| Sulfitos | SO ₃ | mg/l | 2,0 |
| Sulfuros | S | mg/l | 0,5 |
| Temperatura | °C | | < 35 |
| Tensoactivos | Sustancias activas al azul de metileno | mg/l | 0,5 |
| Tetracloruro de carbono | Tetracloruro de carbono | mg/l | 1,0 |
| Tricloroetileno | Tricloroetileno | mg/l | 1,0 |
| Vanadio | | mg/l | 5,0 |
| Zinc | Zn | mg/l | 5,0 |

* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.

Anexo 17: Topografía plana del área que comprende la red de alcantarillado que abastece la PTAR Churuguzo



Anexo 18: Problemas en los ductos de ventilación.



Anexo 19: Filtración del agua de precipitación a la red de alcantarillado que abastece la PTAR Churuguzo



Anexo 20: Estado Actual de los Humedales de la PTAR Churuguzo



Anexo 21: Descarga Constante del Bypass en la PTAR Churuguzo



Anexo 22: Medición del Caudal de Agua Residual de la PTAR Churuguzo





Anexo 23: Tabla de Variación de Caudales de la PTAR Churuguzo

| TABLA DE VARIACIÓN DE CAUDALES DE LA PTAR CHURUGUZO | | | | | | | |
|---|---------|-----------|------------|-----------|----------|----------|----------|
| HORA | CAUDAL | Volumen | Caudal inf | Volumen | Residual | Volumen | Dotación |
| (h) | q (l/s) | Litros | q (l/s) | Litros | q (l/s) | Litros | q (l/s) |
| 0:00 | 2.95 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 |
| 1:00 | 2.95 | 10609.01 | 0.02 | 83.25 | 0.01 | 42.03 | 0.01 |
| 2:00 | 2.97 | 10658.11 | 0.05 | 132.35 | 0.03 | 66.81 | 0.03 |
| 3:00 | 2.95 | 10664.25 | 0.03 | 138.49 | 0.01 | 69.91 | 0.01 |
| 4:00 | 3.00 | 10712.91 | 0.08 | 187.15 | 0.04 | 94.47 | 0.04 |
| 5:00 | 2.98 | 10772.51 | 0.06 | 246.76 | 0.03 | 124.56 | 0.03 |
| 6:00 | 3.42 | 11525.73 | 0.50 | 999.98 | 0.25 | 504.79 | 0.27 |
| 7:00 | 5.30 | 15695.44 | 2.38 | 5169.68 | 1.20 | 2609.68 | 1.32 |
| 8:00 | 5.62 | 19655.85 | 2.70 | 9130.09 | 1.36 | 4608.91 | 1.50 |
| 9:00 | 5.37 | 19788.22 | 2.45 | 9262.46 | 1.24 | 4675.73 | 1.36 |
| 10:00 | 5.78 | 20084.24 | 2.86 | 9558.48 | 1.44 | 4825.16 | 1.59 |
| 11:00 | 5.80 | 20847.89 | 2.87 | 10322.13 | 1.45 | 5210.65 | 1.59 |
| 12:00 | 6.04 | 21310.01 | 3.12 | 10784.25 | 1.57 | 5443.93 | 1.73 |
| 13:00 | 5.77 | 21267.29 | 2.85 | 10741.54 | 1.44 | 5422.37 | 1.58 |
| 14:00 | 5.68 | 20612.15 | 2.75 | 10086.40 | 1.39 | 5091.65 | 1.53 |
| 15:00 | 5.48 | 20086.10 | 2.56 | 9560.34 | 1.29 | 4826.10 | 1.42 |
| 16:00 | 5.48 | 19734.77 | 2.56 | 9209.01 | 1.29 | 4648.75 | 1.42 |
| 17:00 | 4.93 | 18733.55 | 2.00 | 8207.79 | 1.01 | 4143.33 | 1.11 |
| 18:00 | 5.04 | 17941.15 | 2.12 | 7415.39 | 1.07 | 3743.32 | 1.17 |
| 19:00 | 4.97 | 18012.45 | 2.04 | 7486.70 | 1.03 | 3779.32 | 1.13 |
| 20:00 | 6.11 | 19927.75 | 3.18 | 9401.99 | 1.61 | 4746.17 | 1.76 |
| 21:00 | 5.12 | 20213.05 | 2.20 | 9687.29 | 1.11 | 4890.19 | 1.22 |
| 22:00 | 3.56 | 15634.87 | 0.64 | 5109.11 | 0.32 | 2579.10 | 0.35 |
| 23:00 | 3.33 | 12403.39 | 0.40 | 1877.64 | 0.20 | 947.84 | 0.22 |
| 0:00 | 2.92 | 11254.54 | 0.00 | 728.78 | 0.00 | 367.89 | 0.00 |
| | | 398145.25 | | 145527.07 | | 73462.67 | |

| | | |
|------------------------------------|-----------|-------|
| Volumen al día de agua residual | 73462.67 | L/día |
| Volumen al día de agua de riego | 72064.40 | L/día |
| Volumen de consumo de agua potable | 80728.209 | L/día |

Anexo 24: Composición de la Muestra Compuesta de la PTAR Churuguzo



**Anexo 25: Resultado del análisis de las muestras compuestas de la PTAR Churuguzo**

| LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568 | Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004 | INFORME DE RESULTADOS Página 1 de 2 | | |
|---|---|---|-----------------|--|
| FECHA: 2014/06/26 | | | | |
| INFORME N°: 321/14 | | | | |
| CLIENTE NOMBRE: ING. PAUL TORRES CLAVIJO DIRECCIÓN: Panamericana Norte Km 5 ½ - Cuenca | | | | |
| MUESTRA CODIGO: 321/01-03/14 DESCRIPCIÓN: Agua residual doméstica PROCEDENCIA: PTAR Churuguzo FECHA DE RECEPCIÓN: 2014/06/19 ENTREGADAS POR: Sr. David Once y Sr. Johnny Ruiz | | | | |
| RESULTADOS | | | | |
| PARAMETRO | METODO | FECHA REALIZACION | UNIDADES | ENTRADA A LA PLANTA 321/01/14 |
| ALCALINIDAD TOTAL * | SM 2320 B | 2014/06/20 | mgCaCO3/l | 70.75 |
| DBO5 | PEE/LS/FQ/01 | 2014/06/19 2014/06/24 | mg/l | 30 |
| DQO | PEE/LS/FQ/02 | 2014/06/19 | mg/l | 174 |
| FÓSFORO TOTAL | PEE/LS/FQ/03 | 2014/06/20 | mg/l | 1.44 |
| NITROGENO AMONIAICAL * | SM 4500 NH3 C | 2014/06/20 | mg/l | 6 |
| pH * | SM 4500 H B | 2014/06/19 | | 6.67 |
| SÓLIDOS SEDIMENTABLES * | SM 2540 F | 2014/06/19 | ml/l | 1.0 |
| SÓLIDOS SUSPENDIDOS | PEE/LS/FQ/04 | 2014/06/19 | mg/l | 74 |
| SÓLIDOS TOTALES | SM 2540 B | 2014/06/19 | mg/l | 268 |
| COLIFORMES TOTALES * | SM 9221 E | 2014/06/19 2014/06/21 | NMP/ 100 ml | 1.1E+06 |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES * | SM 9221 E | 2014/06/20 2014/06/22 | NMP/ 100 ml | 1.1E+06 |

| | | | | |
|---------------------------------|---------------|------------------------------|-----------------|---|
| PARAMETRO | METODO | FECHA REALIZACION | UNIDADES | SALIDA DE FOSA SÉPTICA 321/02/14 |
| ALCALINIDAD TOTAL * | SM 2320 B | 2014/06/20 | mgCaCO3/l | 77.18 |
| DBO5 | PEE/LS/FQ/01 | 2014/06/19 2014/06/24 | mg/l | 31 |
| DQO | PEE/LS/FQ/02 | 2014/06/19 | mg/l | 202 |
| FÓSFORO TOTAL | PEE/LS/FQ/03 | 2014/06/20 | mg/l | 1.54 |
| NITROGENO AMONIAICAL * | SM 4500 NH3 C | 2014/06/20 | mg/l | 6.3 |
| pH * | SM 4500 H B | 2014/06/19 | | 6.57 |
| SÓLIDOS SEDIMENTABLES * | SM 2540 F | 2014/06/19 | ml/l | 1.5 |
| SÓLIDOS SUSPENDIDOS | PEE/LS/FQ/04 | 2014/06/19 | mg/l | 172 |
| SÓLIDOS TOTALES | SM 2540 B | 2014/06/19 | mg/l | 362 |
| COLIFORMES TOTALES * | SM 9221 E | 2014/06/19 2014/06/21 | NMP/ 100 ml | 1.3E+06 |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES * | SM 9221 E | 2014/06/20 2014/06/22 | NMP/ 100 ml | 2.3E+05 |

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- “Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE”

MC0406-13

**LABORATORIO DE SANEAMIENTO**Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca
Telf : 4175557 - 4175568Laboratorio de Ensayo
Acreditado por el OAE con
Acreditación N°
OAE LE 2C 06-004**INFORME DE
RESULTADOS**

Página 2 de 2

| PARAMETRO | METODO | FECHA REALIZACION | UNIDADES | SALIDA DE LA PLANTA 321/03/14 |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| ALCALINIDAD TOTAL * | SM 2320 B | 2014/06/20 | mgCaCO ₃ /l | 77.18 |
| DBO ₅ | PEE/LS/FQ/01 | 2014/06/19 2014/06/24 | mg/l | 12 |
| DQO | PEE/LS/FQ/02 | 2014/06/19 | mg/l | 71 |
| FOSFORO TOTAL | PEE/LS/FQ/03 | 2014/06/20 | mg/l | 1.12 |
| NITROGENO AMONIACAL * | SM 4500 NH ₃ C | 2014/06/20 | mg/l | 7.5 |
| pH * | SM 4500 H B | 2014/06/19 | | 6.59 |
| SÓLIDOS SEDIMENTABLES * | SM 2540 F | 2014/06/19 | ml/l | 0.0 |
| SÓLIDOS SUSPENDIDOS | PEE/LS/FQ/04 | 2014/06/19 | mg/l | 9 |
| SÓLIDOS TOTALES | SM 2540 B | 2014/06/19 | mg/l | 214 |
| COLIFORMES TOTALES * | SM 9221 E | 2014/06/19 2014/06/21 | NMP/ 100 ml | >1.6E+06 |
| COLIFORMES TERMOTOLERANTES * | SM 9221 E | 2014/06/20 2014/06/22 | NMP/ 100 ml | >1.6E+06 |

SM: STANDARD METHODS, Edición 22

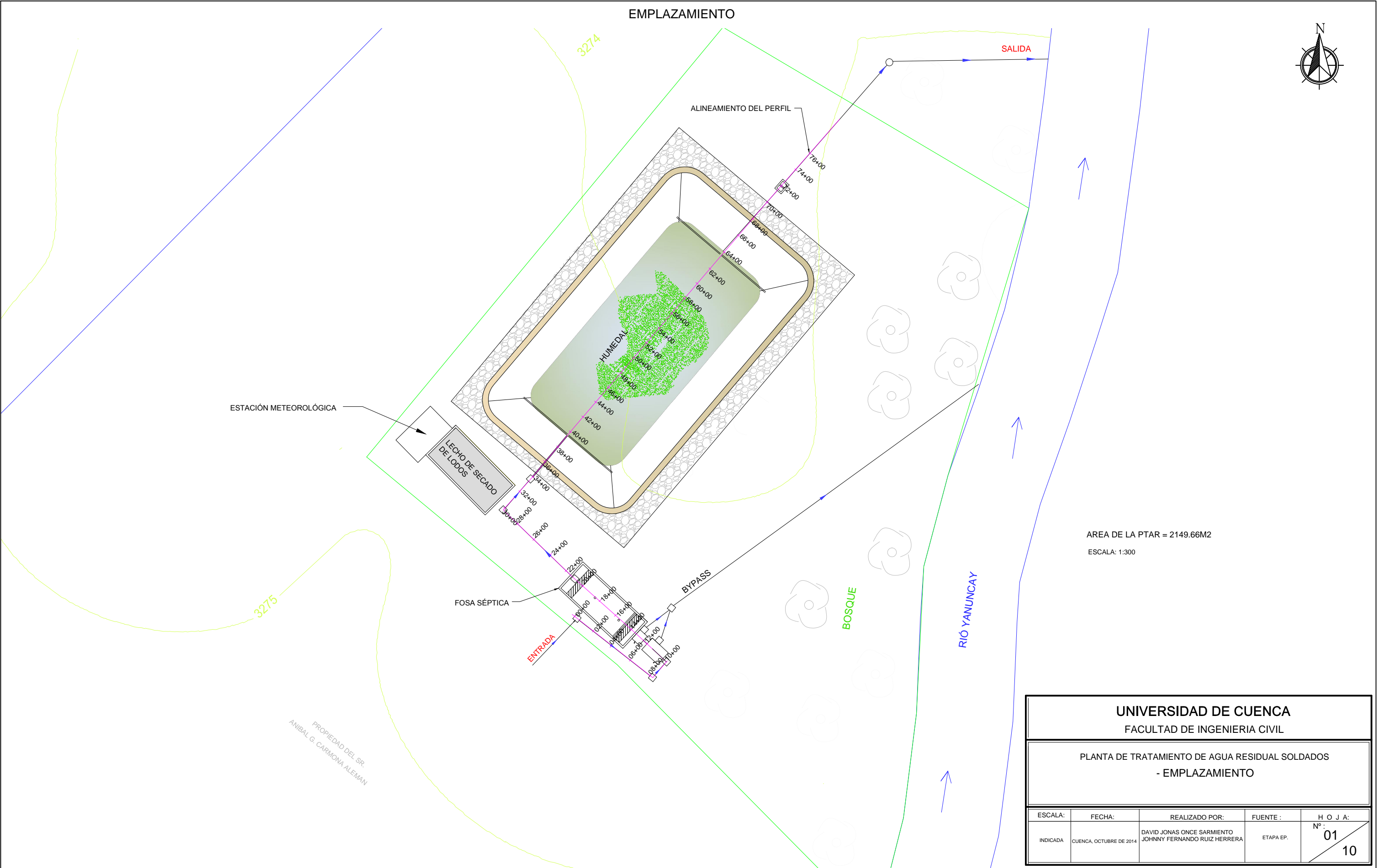
| PARÁMETRO | DBO ₅ | DQO (>100) | DQO (<100) | FOSFORO TOTAL | SÓLIDOS SUSPEND. | SÓLIDOS TOTALES |
|---------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| INCERTIDUMBRE | 18.12 % (95 %, k=1.96) | 12.7 % (95 %, k=1.96) | 13.05 % (95 %, k=1.99) | 9.04 % (95 %, k=1.96) | 10.76 % (95 %, k=1.96) | 17.21 % (95 %, k=1.96) |

Atentamente,

Dra. Rocío Tenorio T.
RESPONSABLE DEL LABORATORIO (E)

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- "Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"

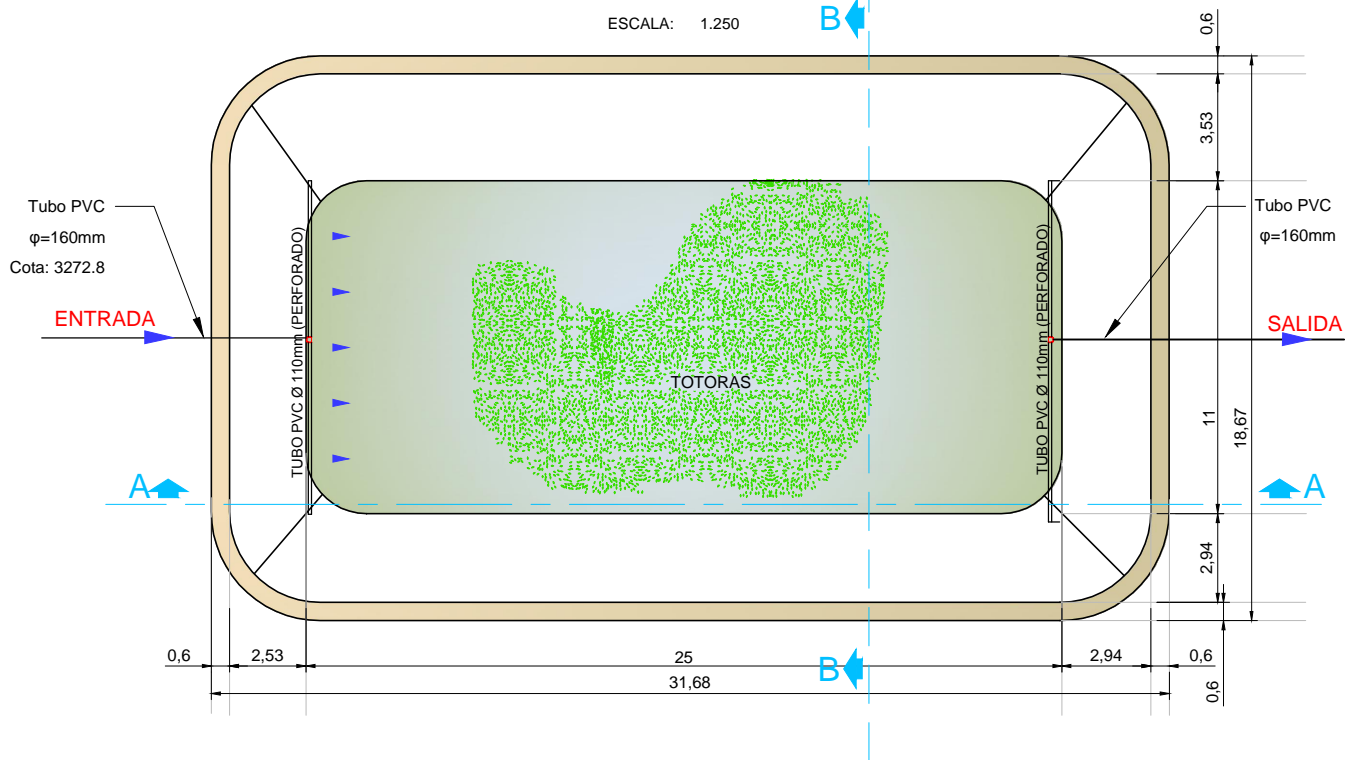
MC0406-13



HUMEDAL

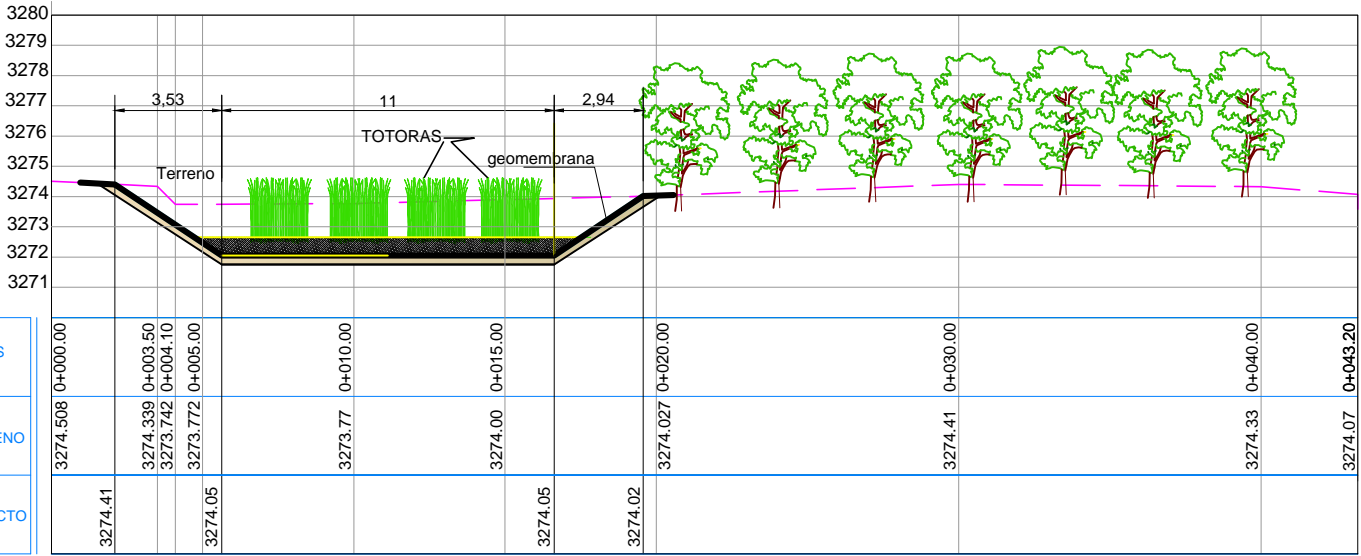
PLANTA

ESCALA: 1.250



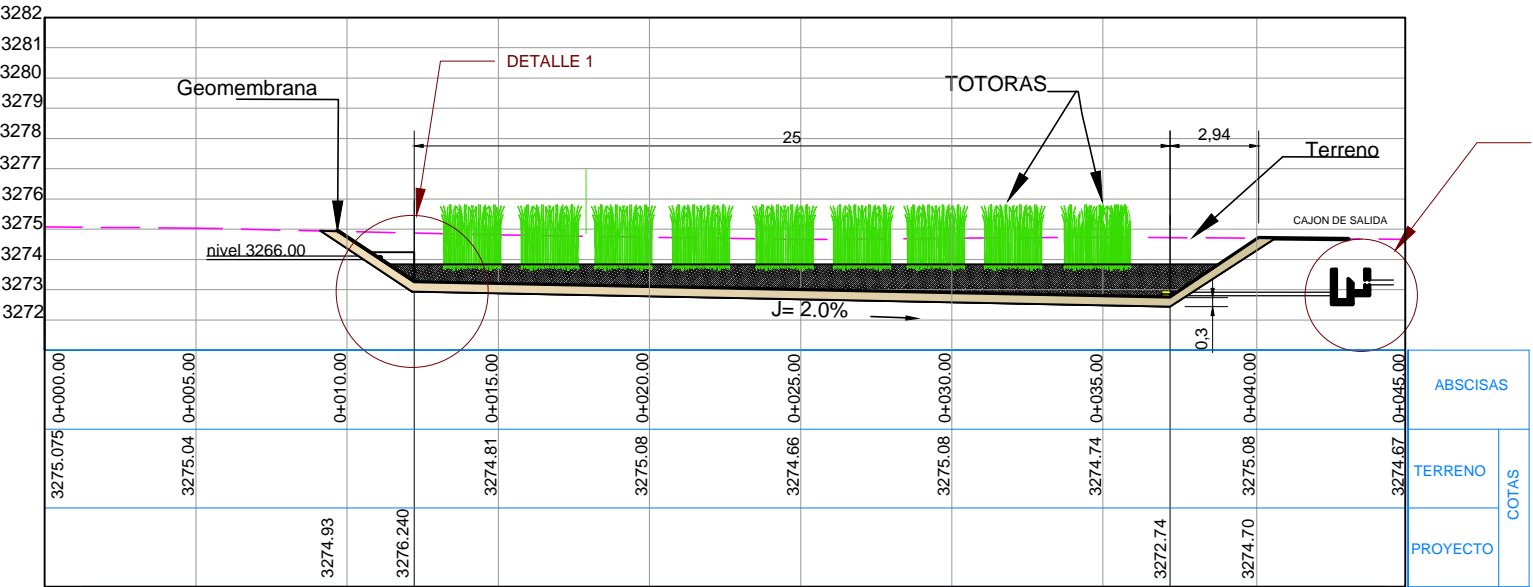
CORTE B - B

ESCALA: 1.250

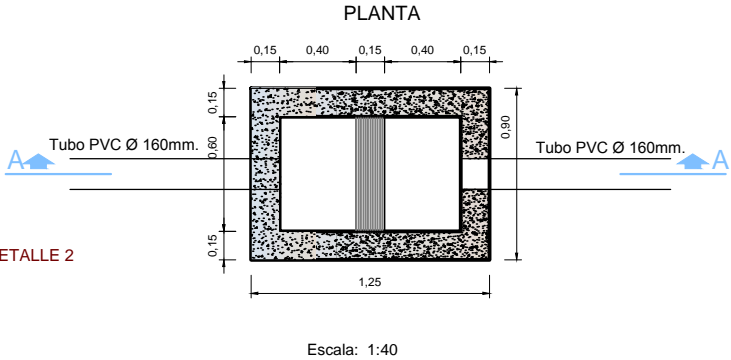


CORTE A - A

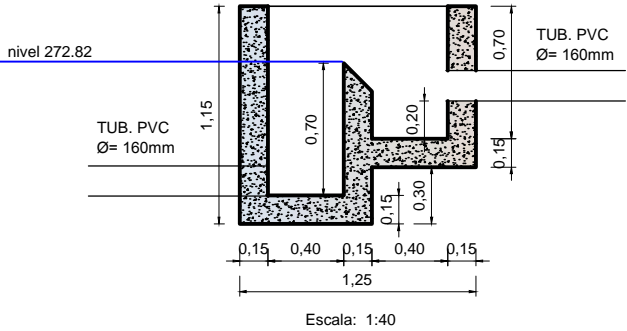
ESCALA: 1.250



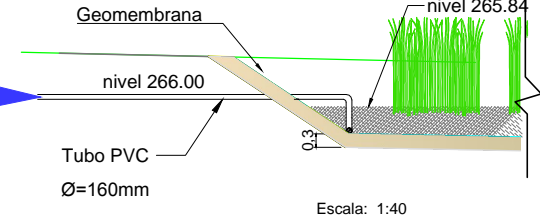
DETALLE 2: CAJA DE SALIDA



CORTE A - A

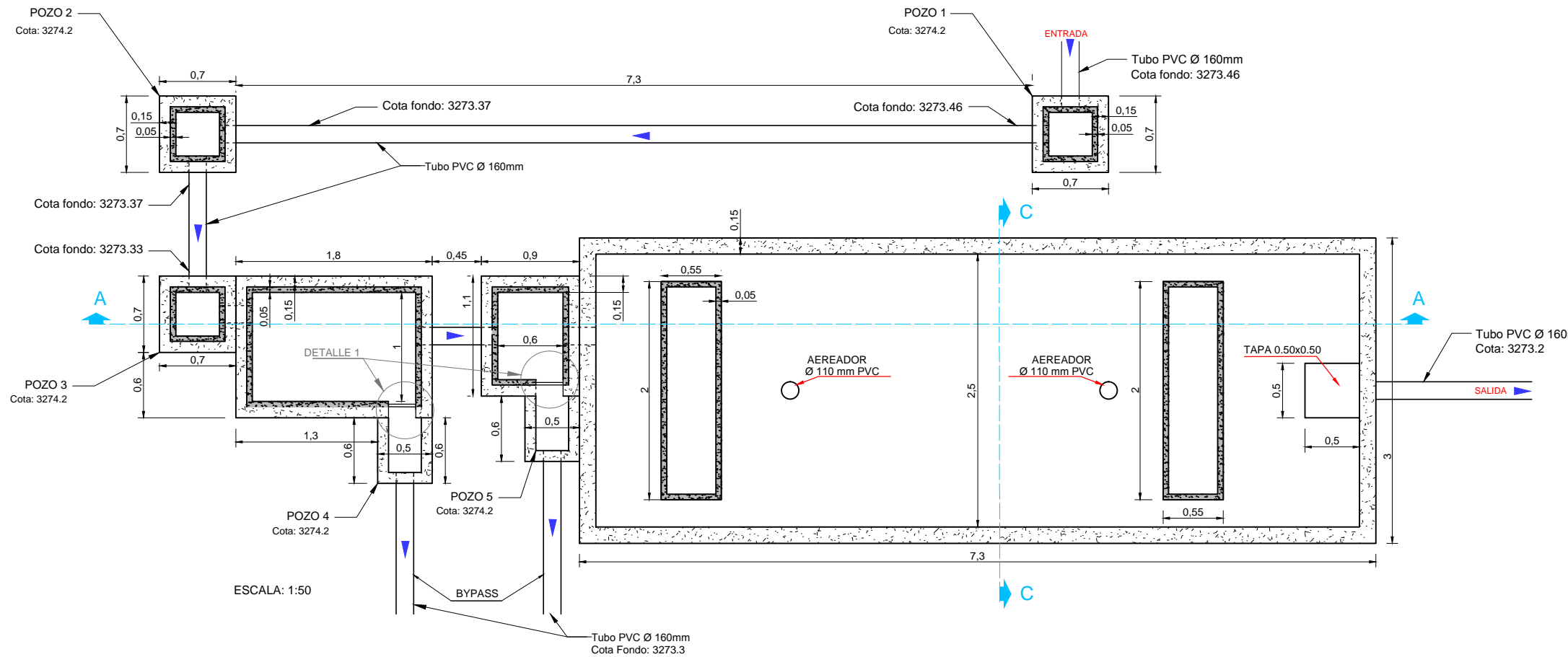


DETALLE 1: ENTRADA AL HUMEDAL

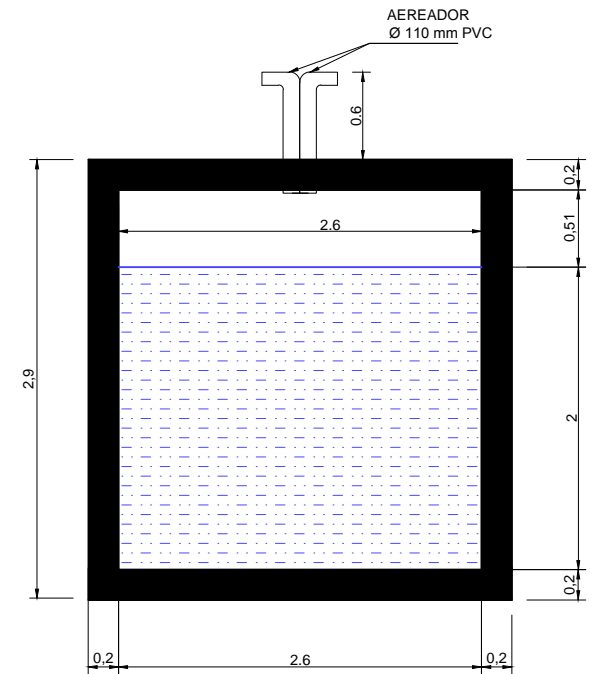


| UNIVERSIDAD DE CUENCA | | | | |
|---|-------------------------|--|-----------|------------------|
| FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL | | | | |
| PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL SOLDADOS | | | | |
| - HUMEDAL | | | | |
| ESCALA: | FECHA: | REALIZADO POR: | FUENTE : | H O J A: |
| INDICADA | CUENCA, OCTUBRE DE 2014 | DAVID JONAS ONCE SARMIENTO JOHNNY FERNANDO RUIZ HERRERA | ETAPA EP. | Nº : 02 10 |

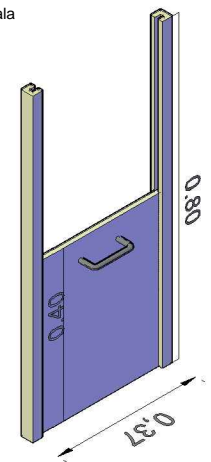
FOSA SÉPTICA



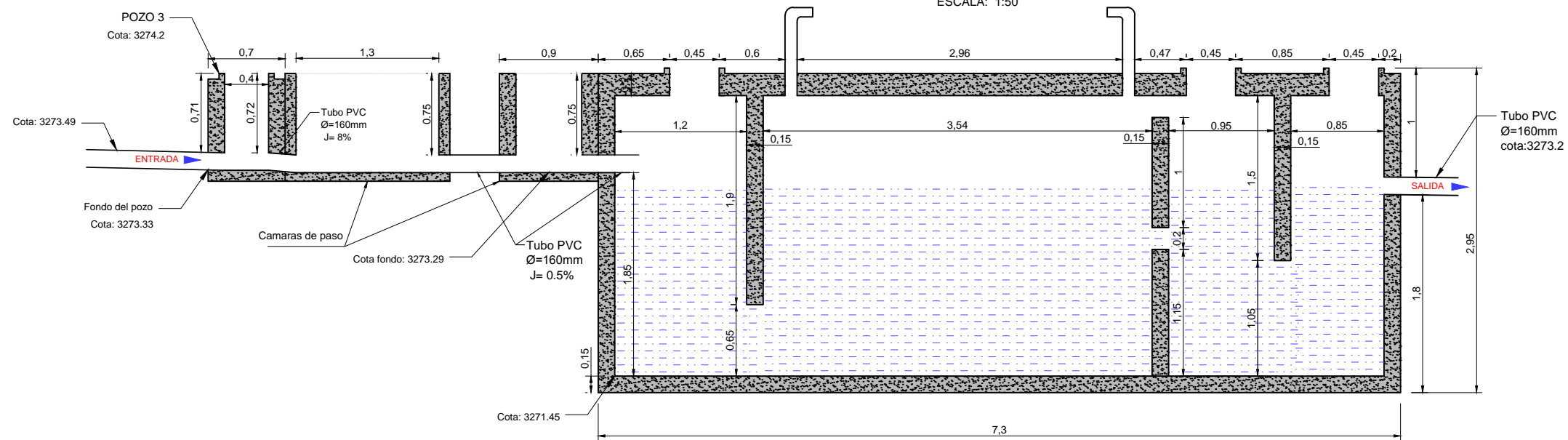
CORTE C-C



DETALLE 1 (COMPUERTA)
Sin escala



CORTE A-A
ESCALA: 1:50



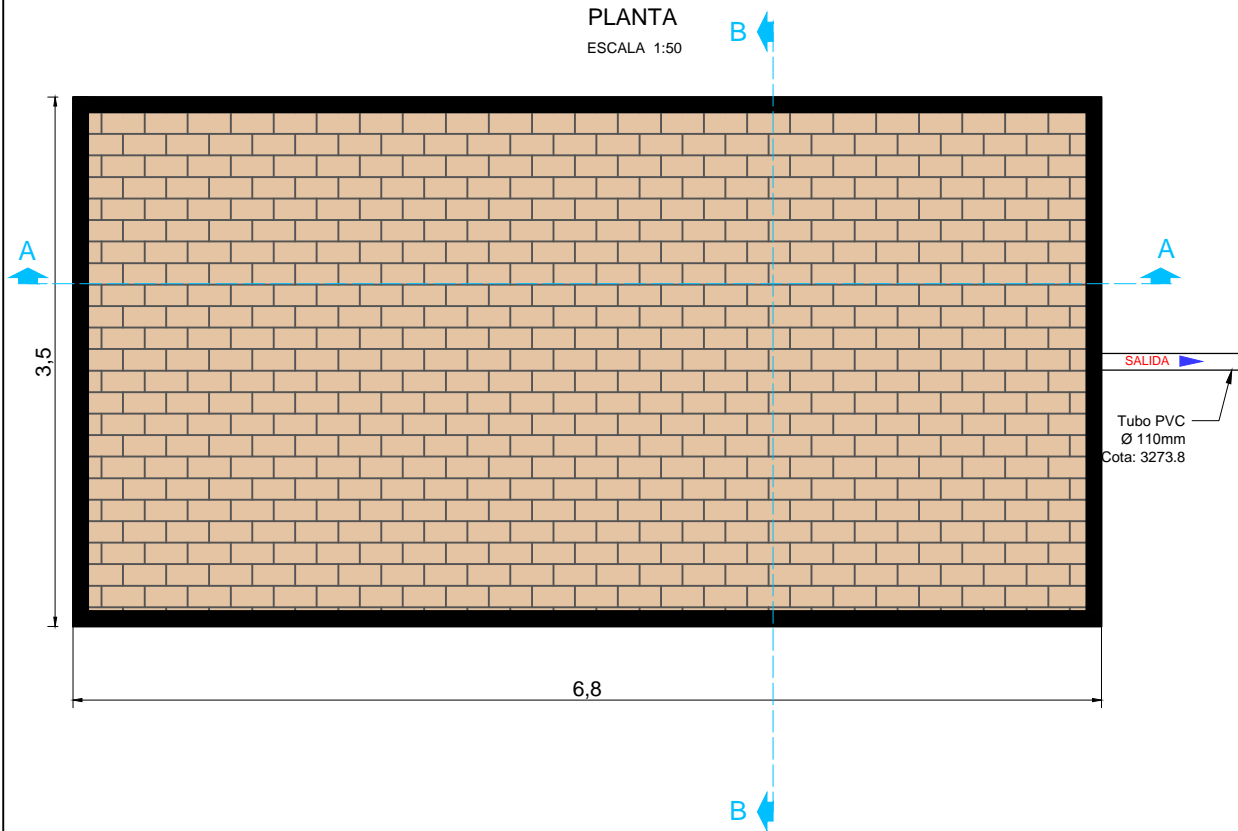
UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL SOLDADOS - FOSA SEPTICA

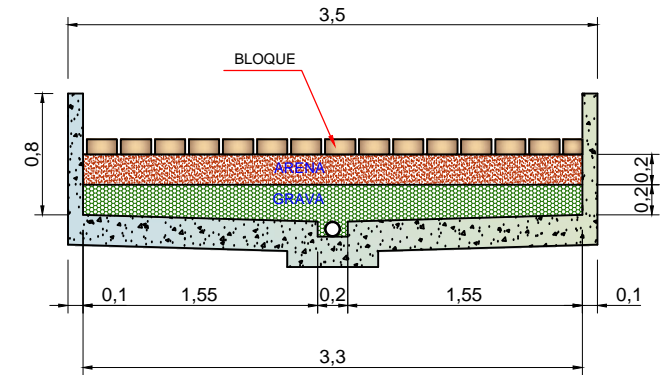
| | | | | |
|----------|-------------------------|--|-----------|--|
| ESCALA: | FECHA: | REALIZADO POR: | FUENTE : | H O J A: |
| INDICADA | CUENCA, OCTUBRE DE 2014 | DAVID JONAS ONCE SARMIENTO JOHNNY FERNANDO RUIZ HERRERA | ETAPA EP. | <div>Nº:</div> <div>03</div> <div>10</div> |

LECHO DE SECADO DE LODOS

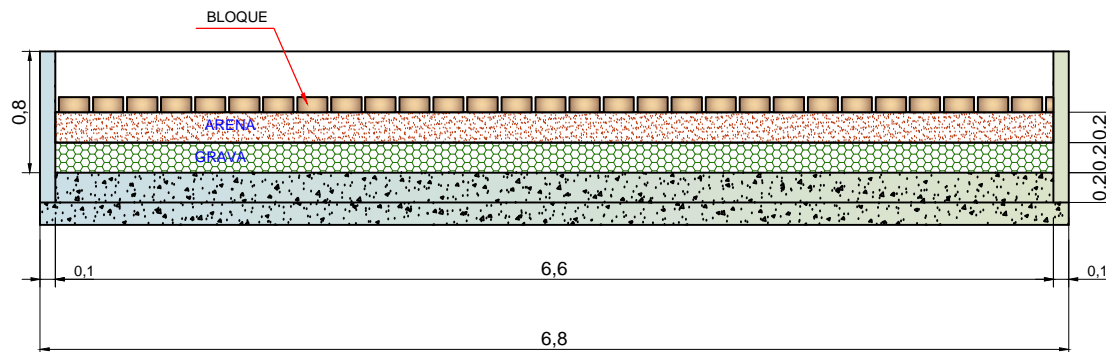
PLANTA
ESCALA 1:50



CORTE B-B
ESCALA 1:50



CORTE A-A
ESCALA 1:50



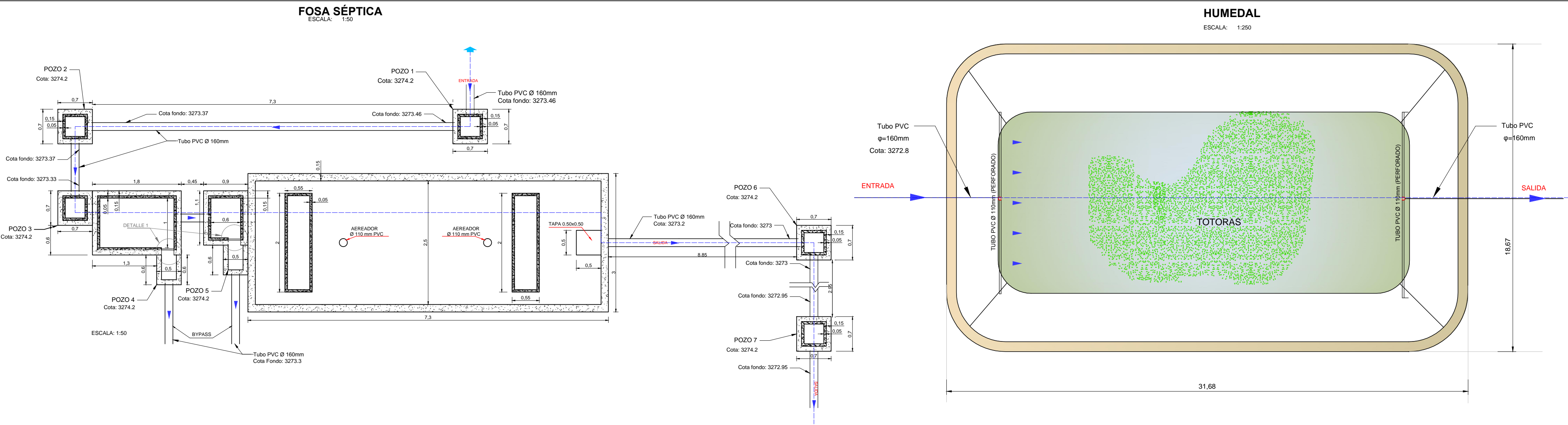
UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

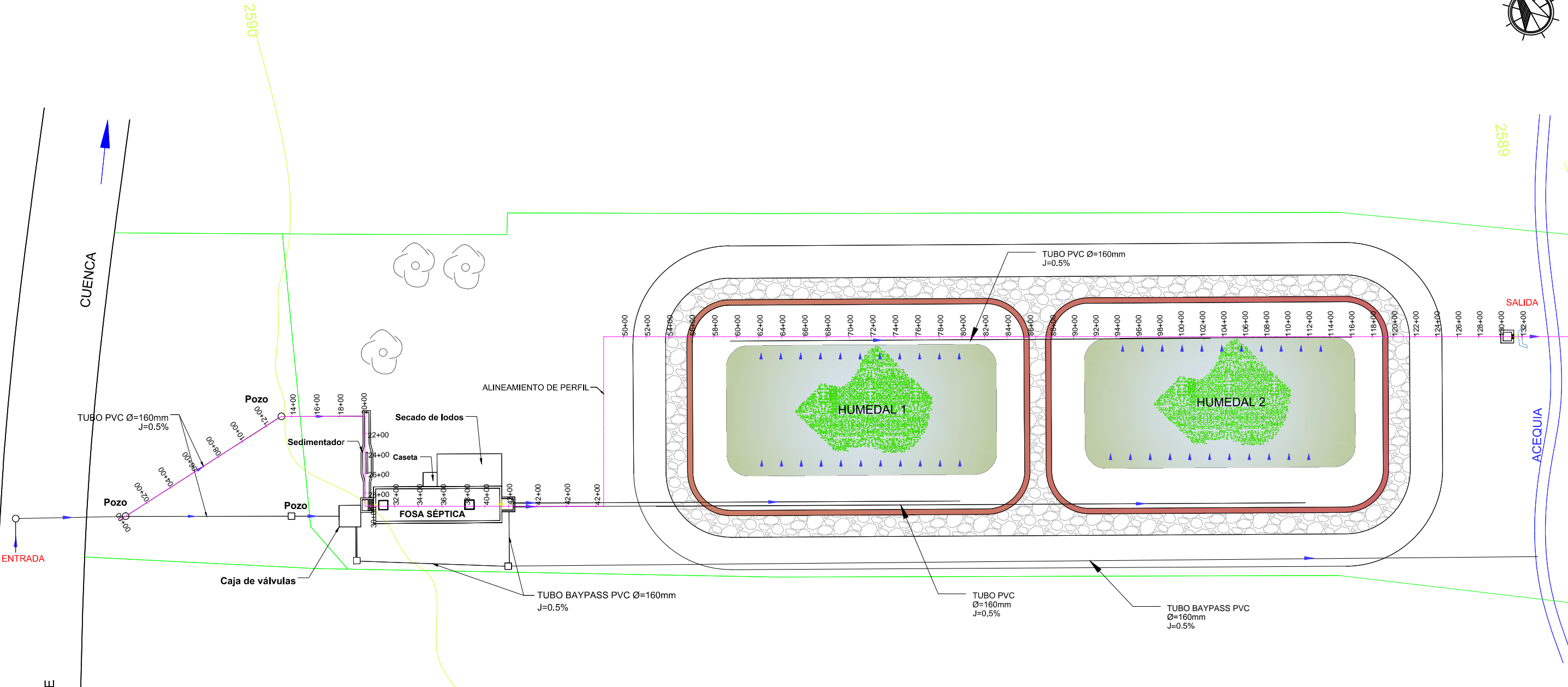
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL SOLDADOS

- LECHO DE SECADO DE LODOS

| ESCALA: | FECHA: | REALIZADO POR: | FUENTE : | H O J A: |
|----------|-------------------------|--|-----------|------------------|
| INDICADA | CUENCA, OCTUBRE DE 2014 | DAVID JONAS ONCE SARMIENTO JOHNNY FERNANDO RUIZ HERRERA | ETAPA EP. | Nº : 04 10 |



EMPLAZAMIENTO

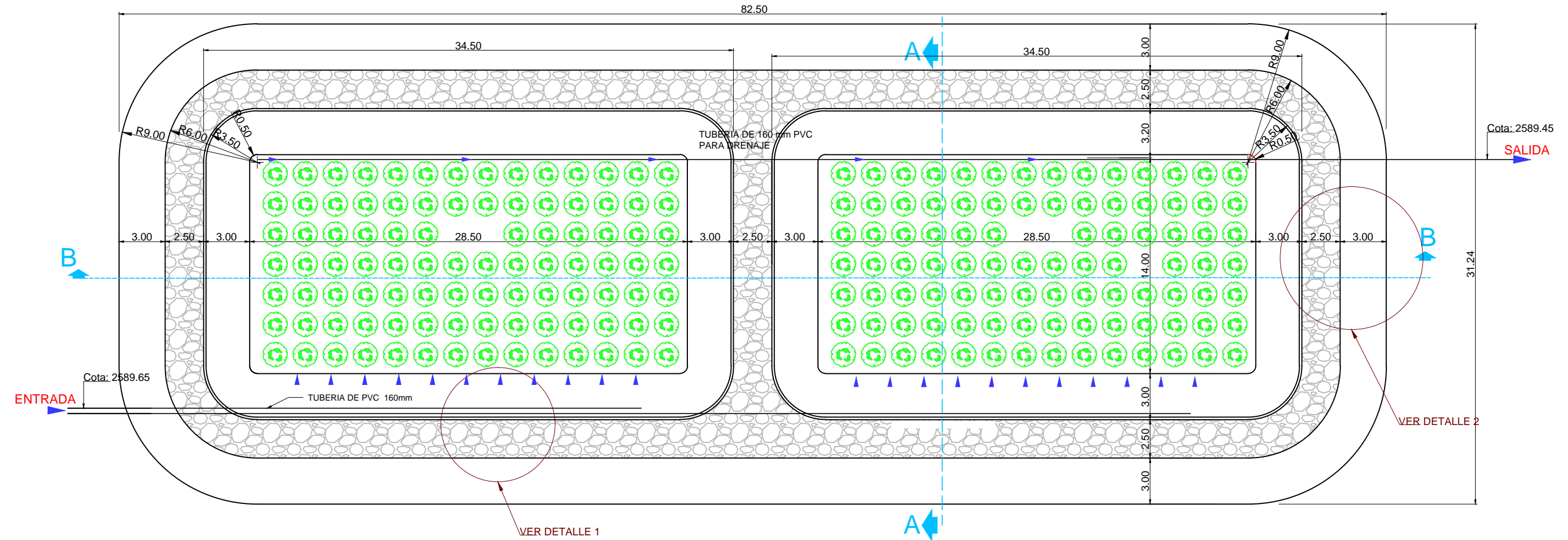


AREA=4181.60m2
ESCALA 1 : 400

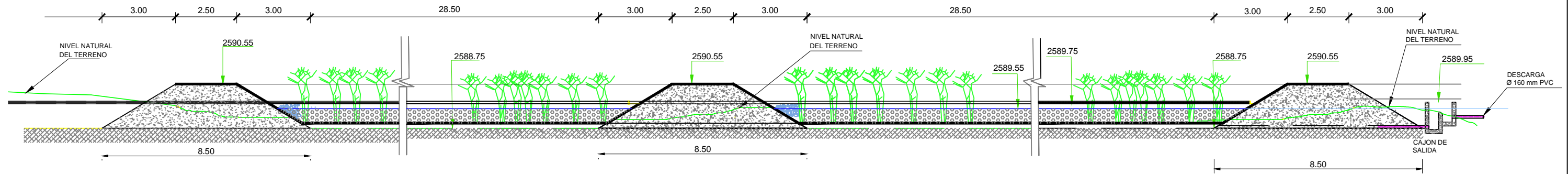
TERRENOS DE PROPIEDAD
DEL SR.MESIAS DURAN

| | | | | |
|--|-------------------------|--|-----------|------------------|
| UNIVERSIDAD DE CUENCA | | | | |
| FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL | | | | |
| PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL CHURUGUZO | | | | |
| - EMPLAZAMIENTO | | | | |
| ESCALA: | FECHA: | REALIZADO POR: | FUENTE : | H O J A: |
| INDICADA | CUENCA, OCTUBRE DE 2014 | DAVID JONAS ONCE SARMIENTO JOHNNY FERNANDO RUIZ HERRERA | ETAPA EP. | Nº : 06 10 |

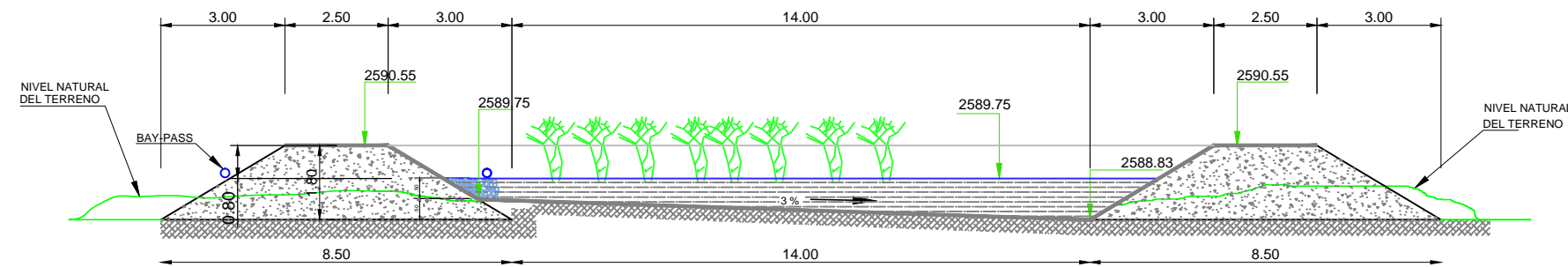
VISTA EN PLANTA
ESCALA 1 : 300



CORTE B-B
ESCALA 1 : 150



CORTE A-A
ESCALA 1 : 150

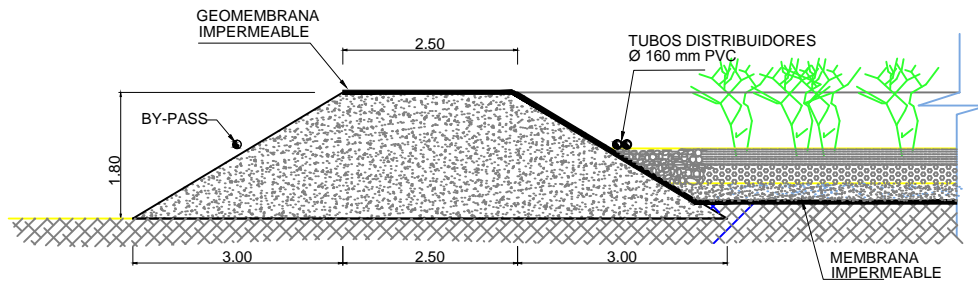


UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

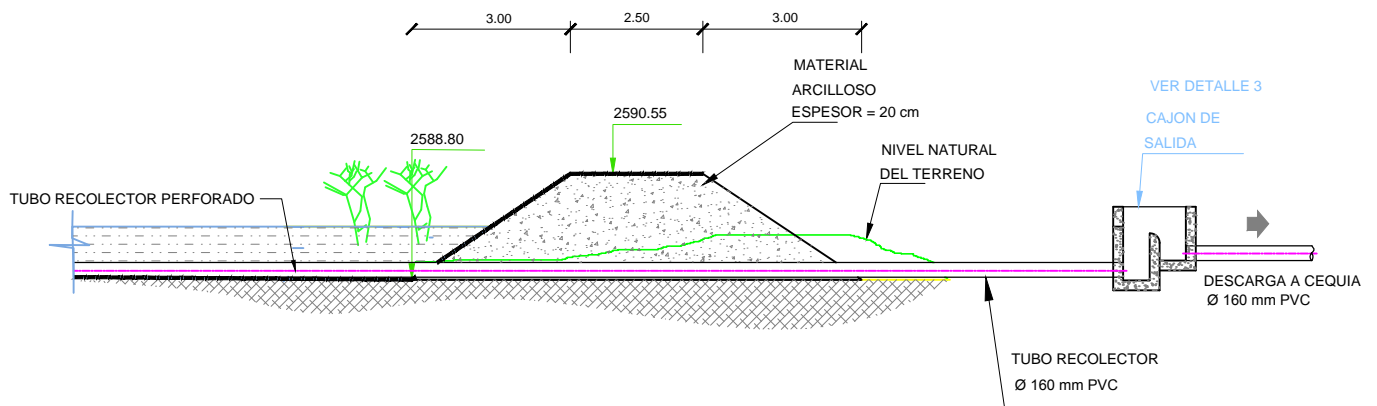
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL CHURUGUZO
-HUMEDAL

| ESCALA: | FECHA: | REALIZADO POR: | FUENTE : | H O J A: |
|----------|-------------------------|--|-----------|------------------|
| INDICADA | CUENCA, OCTUBRE DE 2014 | DAVID JONAS ONCE SARMIENTO JOHNNY FERNANDO RUIZ HERRERA | ETAPA EP. | Nº : 07 10 |

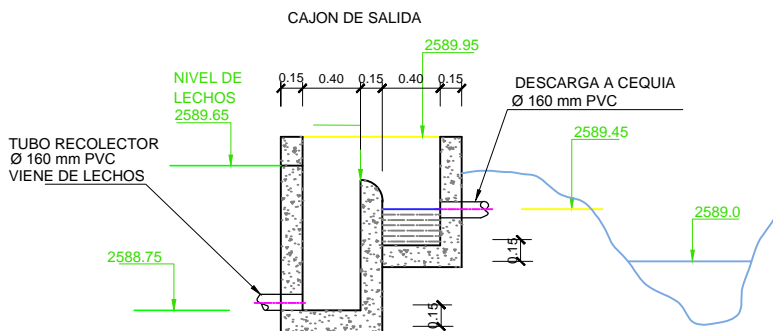
DETALLE 1
SIN ESCALA



DETALLE 2
SIN ESCALA



DETALLE 3
SIN ESCALA



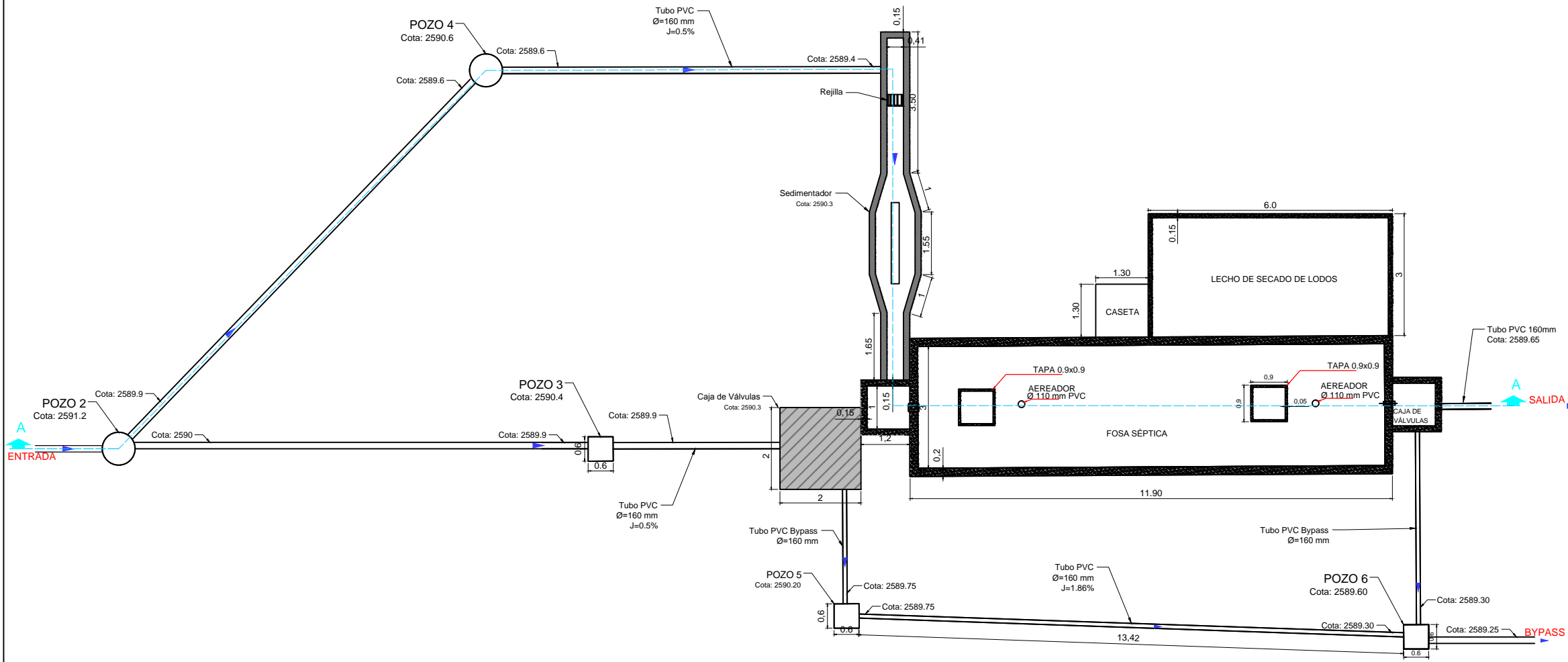
UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL CHURUGUZO
- DETALLES DEL HUMEDAL

| ESCALA: | FECHA: | REALIZADO POR: | FUENTE: | H O J A: |
|----------|-------------------------|--|-----------|-----------------|
| INDICADA | CUENCA, OCTUBRE DE 2014 | DAVID JONAS ONCE SARMIENTO JOHNNY FERNANDO RUIZ HERRERA | ETAPA EP. | Nº: 08 10 |

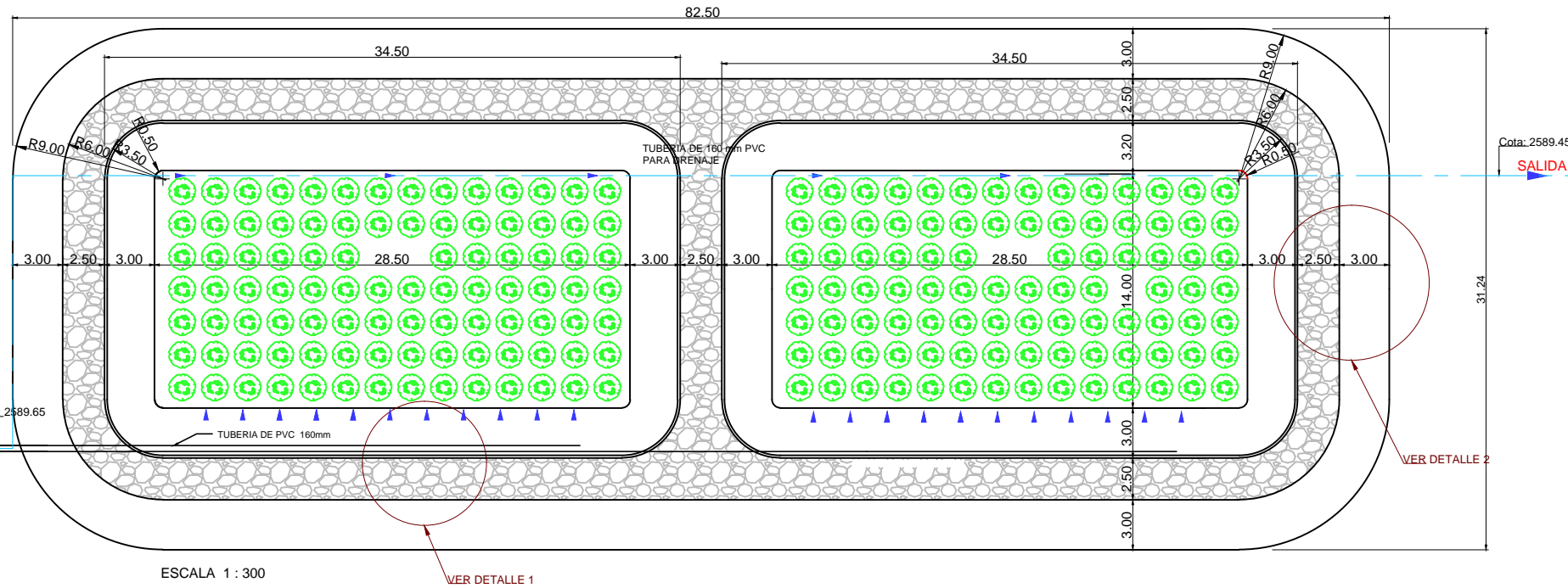
FOSA SÉPTICA

ESCALA: 1:50



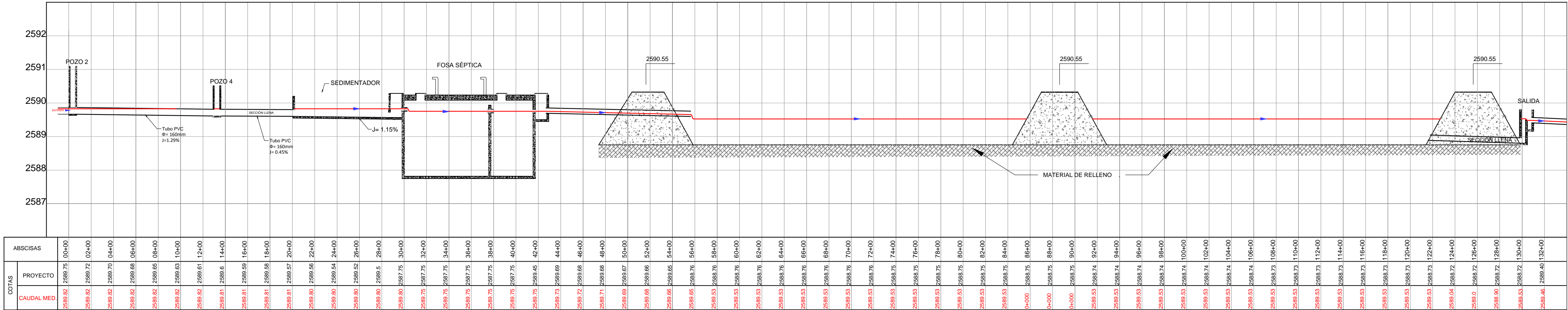
HUMEDALES

ESCALA: 1:200



PERFIL HIDRÁULICO

ESCALA: 1 : 100



| | | | | |
|--|-------------------------|--|----------|----------|
| UNIVERSIDAD DE CUENCA | | | | |
| FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL | | | | |
| PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL CHURUGUZO | | | | |
| - PERFIL HIDRAULICO | | | | |
| ESCALA: | FECHA: | REALIZADO POR: | FUENTE: | H O J A: |
| INDICADA | CUENCA, OCTUBRE DE 2011 | DAVID JONAS ONCE SARRIENTO JOHNNY FERNANDO RUIZ HERRERA | ETAPA EP | Nº. 10 |
| | | | | 10 |